COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
HEALTH SCIENCES STANDARD
HX00028410

COLUMBIA UNIVERSITY
DEPARTMENT OF PHYSIOLOGY
THE JOHN G. CURTIS LIBRARY

Ein Beitrag zur Function der Bogengänge des Labyrinths.

Inaugural-Dissertation

welche

mit Genehmigung der hohen medicinischen Facultät
der vereinigten Friedrich-Universität

Halle-Wittenberg

zur Erlangung der Doctorwürde

in der Medicin und Chirurgie

zugleich mit den Thesen öffentlich vertheidigen wird

am Freitag den 5. August 1892 Mittags 12 Uhr

Friedrich Matte

aus Halle a. S.

Referent: Herr Prof. Dr. Bernstein.

Opponenten:

Herr Carl Lewerer, cand. med.
Herr Richard Rasmus, cand. med.

Halle a. S.
Druck von Beyer & Ronnger.
1892.

QP471
M43

Imprimatur:

Prof. Dr. Bernstein

h. t. Decanus.

Seinen teuern Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Es ist nun gerade ein Jahrhundert verflossen, seit dem man angefangen hat über Schwindelerscheinungen zu schreiben und zu experimentieren — eine Uebersicht der überreichen, sehr interessanten Litteratur überzeugt davon, dass eine Lösung dieses Problems noch zu erwarten ist. Die älteren Autoren, die sich mit diesen Erscheinungen beschäftigt haben, sind Marcus Herz[1], Darwin (der ältere)[2], Fr. und P. Gruithuisen[3] und Ritter[4]. Mit mehr oder weniger scharfsinnigen Beobachtungen und Versuchen haben sie die wunderbaren subjectiven Bewegungserscheinungen studiert, welche auftreten, wenn man sich mehrere Male rasch umdreht und dann plötzlich stehen bleibt. Darwin hat bereits einige Regeln dieser Drehschwindelerscheinungen aufgestellt, Ritter hat dabei zuerst die Einwirkung des galvanischen Stromes beobachtet.

Diese Arbeiten, besonders die Darwins, haben vielfach anregend auf spätere Forscher gewirkt. Unter diesen ist es der geniale Purkinje[5] gewesen, der in drei Schriften seine Beobachtungen und Versuche über diesen Gegenstand veröffentlicht hat: die alltägliche Erfahrung lehrt, dass wir durch wiederholte Umdrehungen um die eigene Körperachse Schwindel erregen können. Die Gegenstände scheinen alsdann in horizontalem Kreise in der subjectiven Raumanschauung sich zu bewegen; im Muskelsysteme fühlen wir gleichsam eine fremde Gewalt, welche den Körper noch ferner umzudrehen strebt, diese Neigung kann im Verhältnis zur primären Einwirkung stärker werden, ja bis in wirkliche unwillkürliche Bewegungen ausbrechen. Deutlicher werden diese Erscheinungen bei geschlossenen Augen. Achten wir dann auf die Tasteindrücke an den Fusssohlen oder auf die sich an einem Gegenstande anstemmenden Hände, so fühlen wir ein seitliches Anstreben der Füsse gegen den Boden, oder der Hände gegen den Widerhalt, welches ursprünglich subjectiv, da es unwillkürlich ist, auf das Object übertragen wird und so als ein Drängen und Drehen desselben erscheint. Offenbar ist hier in beiden Körperhälften eine entgegengesetzte Bewegungstendenz im Muskel-

---

1) Ueber den Schwindel, Berlin 1791.
2) Zoonomia.
3) Anthropologie. München 1810.
4) Huflands Journal f. pract. Heilkunde XII.
5) Mediz. Jahrb. d. öst. Staates. VI. Bd. II. St. Wien 1820. — 10. Bullet. d. naturw. Section d. schles. Gesellsch. Breslau 1825. — Rusts Magazin f. d. ges. Heilk. Berlin 1827.

systeme. vorwärts in der einen, rückwärts in der andern, oder abwärts und aufwärts. „Es ist keine blosse quantitative Affection der einen und der anderen Seite anzunehmen, wie wenn eine lähmungsartige Anwandlung da oder dort sich ereignete, sondern beiderseits sind es positive Aeusserungen, nur nach verschiedener Richtung, deren ursprüngliche Determination in den Centris der Bewegungsorgane selbst aufzusuchen ist.“

Wir sehen schon aus diesen Worten, welchen Einfluss Purkinje bei allen diesen Erscheinungen dem Gehirne zuschreibt. Nach ihm ist eben Schwindel nichts als eine Störung der dynamischen Beziehung des Gehirnes zum Bewegungssystem, die sich in diesem als eine einseitige Aufregung zeigt. Ausserdem äussern sich die Erscheinungen des Bewegungsschwindels teils in der Sphaere des Gesichtssinnes, teils in der des Tastsinnes, des Gefühlsinnes, Gehörsinnes und im Blutsysteme. Seine Versuche erstrecken sich auf Schwindel bei activer und passiver Bewegung, Schwindel durch Galvanismus, durch Unterdrückung des Blutumlaufes (Compression der Carot.), durch Narcotica und andere Gifte, und auf Höhenschwindel.

Da er bei seinen Drehschwindelversuchen nachgewiesen hat, wie gross der Einfluss der Kopfstellung auf die Richtung der Schwindelbewegung ist, sucht er auch die Quelle dieser Bewegungsempfindungen, als derjenigen, welche den Drehschwindel bedingen, im Kopfe und versucht alle diese Erscheinungen aus der directen Affection des Gehirns bei Bewegung abzuleiten: „für unseren Zweck ist es hinlänglich sich vorzustellen, dass das Gehirn bei anhaltenden heftigeren Bewegungen nach einer oder mehreren zurückkehrenden Richtungen eine Abänderung in seiner Cohaesion erleide, dass seine Teile, wenn nicht in eine wirkliche Bewegung, doch in eine Bewegungstendenz nach einer oder mehreren Seiten hin versetzt werden, welche Bewegungstendenz nach vorhergegangener, realer Bewegung noch einige Zeit bleibt und Ursache der Scheinbewegung von der Richtung abhängt, in welcher die Schwungkraft auf das Gehirn gewirkt hat.“

Nach Purkinje wird also die eigene passive Bewegung des Gehirnes als Drehung empfunden. Die nunmehr folgende Betrachtung der experimentellen Forschungen Rolandos, Flourens und Magendies lässt ihn den eigentlichen Sitz dieser Störungen ins Kleinhirn verlegen. Rolando sei auf experimentellen Wege gleichfalls zu diesem Schlusse gekommen; dass Flourens seine Beobachtungen nicht als Schwindelerscheinungen angesprochen habe, liege in seiner Methode schichtenweiser Kleinhirnabtragungen begründet, denn Magendie habe bei seitlichen Läsionen und bei Läsionen in der Mittellinie den gewünschten Erfolg gehabt. „Das kleine Gehirn hat sonach zwei organische Grundbeziehungen: die eine zum Muskelsysteme des animalischen Lebens, wo es willkürliche Bewegungen anregt, die andere zum grossen Gehirn, wo es in Verbindung von Empfindungen und Wahrnehmungen die Anschauungen des Raumes bringt.“

Eine lange Reihe von Jahrzehnten hat jetzt die Forscher mit dem Aufsuchen der für die coordinierte Bewegung notwendigen Vorrichtungen d. h. Centra im Centralnervensysteme beschäftigt. Eine detaillierte Beschreibung und Kritik der zahllosen Experimente von Flourens, Magendie, Longet, Brown-Séquard, Schiff und anderen kann hier nicht erbracht werden. Eine mit grösster Sorgfalt ausgeführte Zusammenstellung alles älteren Materials enthält vor Allem das Werk Longets.

Uns interessiert hier die höchst merkwürdige Entdeckung Flourens,[1] dass bei Tauben nach Verletzung der halbzirkelförmigen Canäle ganz eigentümliche Bewegungsstörungen eintreten. Die Versuche sind so vielfach wiederholt und die Folgeerscheinungen in der Hauptsache bestätigt worden, dass wir uns hier ganz kurz fassen können. Zunächst sind also, wie gesagt, die Versuche an Tauben gemacht worden, deren Bogengänge sich ohne besondere Mühe freilegen lassen. Die Läsion geschieht mit kleinen, sehr feinen Meisseln: jedesmal wenn der Inhalt eines horizontalen Bogenganges durchschnitten oder der Bogengang mit einer Nadel angestochen wird, scheint das Tier lebhaften Schmerz zu empfinden und es treten heftige Pendelbewegungen des Kopfes in horizontaler Richtung auf, die sich oft zwar bald beruhigen, bei dem geringsten Bewegungsversuche aber plötzlich wieder eintreten. Sonst lassen sich keine Störungen beobachten. Das Tier sieht, hört und scheint im Besitze aller geistigen Fähigkeiten. In der Ruhe ist das Gleichgewicht ungestört. Bei Körperbewegung treten die Störungen in der Bewegung des Kopfes ein, diese können sich derartig steigern, dass jedes Gehen, jede regelmässige Bewegung unmöglich wird, fast als wenn man das Gleichgewicht und die Gleichmässigkeit der Bewegung verloren hat, indem man sich einige Zeit um sich selbst dreht, oder indem man heftig den Kopf schüttelt. Bei einigen Versuchen dreht sich auch das Tier um sich selbst, verliert das Gleichgewicht, fällt um und unter Rollen und Ueberkugeln kann es sich nicht wieder erheben. Der Verdacht, dass es sich der überraschenden Aehnlichkeit der Folgeerscheinungen halber dabei um eine Kleinhirnverletzung handele, wird nicht bestätigt: das Kleinhirn erscheint nach sorgfältiger Untersuchung vollkommen intakt.

Bestätigt sind diese Versuche in allen hauptsächlichsten Punkten von Harless[2], Czermak[3], Brown-Séquard[4] und Vulpian[5]. Flourens vergleicht die Erfolge der einzelnen Bogengangdurchschneidungen mit den Läsionen der Kleinhirnschenkel. Nach ihm sind die Folgen der Durchschneidung der mittleren Kleinhirnstiele gleich denen einer Verletzung der horizontalen Bogengänge: Rollen des Tieres um sich selbst. Ebenso sind die Erfolge der Durchschneidung der mit den

1) Recherches expérimentales etc. Paris 1842, p. 438, 452.
2) Handwörterb. d. Physiol. v. Wagner, IV. p. 422.
3) Compt. rend. 1860. Tom. LI.
4) Course of lectures etc. Philadelphia 1860.
5) Leçons sur la physiol. etc. Paris 1866.

oberen Kleinhirnstielen verbundenen Grosshirnstiele und der Durchschneidung des oberen oder vorderen halbkreisförmigen Canales gleich: eine Reihe von Vorwärtsbewegungen. Durchschneidung des unteren oder hinteren senkrechten Bogenganges ruft wie die des hinteren Kleinhirnschenkels eine Reihe von Rückwärtsbewegungen hervor. Flourens giebt als Ursache an, man könne die Ampullarnerven bei ihrer allmähligen Einsenkung ins Gehirn als drei Bündel auseinander treten sehen: das eine Bündel lasse sich bis zur Varolsbrücke, das andere zu den Grosshirnstielen, das dritte zu den Kleinhirnstielen oder strickförmigen Körpern verfolgen.[1]

Aus den Versuchen Flourens und seinen Schlüssen geht klar hervor, wie sehr sich der berühmte französische Forscher scheut, eine nähere Beziehung der halbzirkelförmigen Canäle zu den etwaigen Gleichgewichtscentren zu behaupten. Dasselbe thun alle späteren Autoren, die seine Versuche wiederholt und etwaige Beobachtungen von Begleiterscheinungen bei derartigen Verletzungen mitgeteilt haben. So ist von Czermak mehrfach Erbrechen beobachtet und andererseits auch bestätigt worden. Während also bisher alle diese Folgeerscheinungen als vom Kleinhirn herrührend gedeutet worden sind, tritt im Jahre 1869 Goltz[2] mit seiner so ungemein bedeutsamen Hypothese auf: „ob die Bogengänge Gehörorgane sind, bleibt dahingestellt. Ausserdem aber bilden sie eine Vorrichtung, welche der Erhaltung des Gleichgewichtes dient. Sie sind sozusagen Sinnesorgane für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des Körpers.“

Goltz hat bei Versuchen an Fröschen, denen er den N. acusticus durchschnitten hat, auffallende Gleichgewichtsstörungen beobachtet. Er hält nun selbst diese Versuche nicht für fehlerfrei, weil die benachbarten Hirnteile nur schwer vor Mitverletzung zu schützen sind. Seine weiteren Versuche zur Prüfung der beobachteten Erscheinungen sind infolgedessen auf die periphere Endausbreitung des N. acusticus im Labyrinthe gerichtet. Ueber das Resultat dieser Operationen wird mitgeteilt, dass viele von den so operierten Tieren unter stürmischen Bewegungserscheinungen schon wenige Tage nach dem Eingriffe sterben. Manche gelingt es längere Zeit am Leben zu erhalten. Davon zeigen zuweilen einige gar keine Veränderungen, die Haltung unterscheidet sich in Nichts von der eines unversehrten Frosches. Andere gewinnen aber auch nach vollständiger Vernarbung der Wunden nie wieder die frühere Fähigkeit das Gleichgewicht zu behaupten. Meistens wird auch der Kopf etwas schief gehalten, sodass der Abstand beider Augen vom Erdboden verschieden ist. Die vorübergehenden Störungen werden nur bei einseitiger Operation beobachtet.

---

1) Vgl. Wagner: Handwörterbuch d. Physiol. IV. Braunschweig 1842 und Henle: Nervenlehre. 1871. p. 209 bis 210.

2) Pflüger's Archiv III. p. 172.

Bei diesen Versuchen erinnert sich Goltz lebhaft der merkwürdigen Erscheinungen, die Flourens nach Bogengangläsionen beschrieben hat. Er stellt nun Versuche an, die weniger zur Controle dienen, sondern vielleicht eine Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinungen herbeiführen sollen. Er macht sich daran mittels eines sehr scharfen kleinen Meissels beiderseits die Bogengänge stückweise herauszubrechen. Diese Versuche schlagen fehl: die Tauben gehen bald nach der Operation unter stürmischen Rollbewegungen oder Ueberkugelungen zu Grunde. Die Blutung während der Operation ist sehr beträchtlich. Nach Flourens Methode des allmählich systematischen Vorgehens erzielt Goltz dann bessere Resultate: mehrere Tauben kann er längere Zeit am Leben erhalten; zwei davon sind auf der Naturforscherversammlung zu Innsbruck (21. Sept. 1869) vorgestellt worden. Das Gehör ist wie bei Flourens Tieren unversehrt. Das Gemeinsame, was bei allen diesen Versuchen von allen Beobachtern mitgeteilt ist, ist der Eindruck, als wenn die Tiere mit verletzten Bogengängen von Schwindel befallen seien. Goltz stellt zuerst einfache Versuche an, aus denen er auf die Wahrscheinlichkeit des Schwindelgefühls schliesst. Operierte Tiere mit lebhaften Drehbewegungen des Kopfes und Körpers beruhigen sich nach passiver Fixation der bewegten Teile schnell. Dasselbe scheint eine starke, etwa durch Hunger hervorgerufene Willensenergie für einige Zeit bewirken zu können, „auch der an Schwindel leidende Mensch ist durch Zusammenraffen seiner Willensenergie für kurze Zeit imstande die Neigung zum Schwanken des Körpers zu unterdrücken und sich gerade aufrecht zu halten“. Wie sind diese merkwürdigen Erscheinungen zu erklären? Nach einer kurzen Kritik der bisher gegebenen Erklärungen, wonach keine ausreichen soll, erläutert Goltz folgende drei Punkte: eine Erhaltung des Gleichgewichtes kann erschwert werden,

1. wenn die Werkzeuge zur Erhaltung geschädigt sind,
2. wenn das Centrum für die Erhaltung gelitten hat,
3. wenn centripetale Erregungen, auf Grund deren das Centrum seine Thätigkeit berechnet, irgend welche Störungen erfahren haben.

Da kein Muskel, noch Muskelnerv, noch das Kleinhirn verletzt sei, die monate- bis jahrelange Dauer der beschriebenen Erregungen aber eine Erklärung durch reflectorische Vorgänge und dadurch bedingte Störungen in der Blutbewegung innerhalb gewisser Hirnpartien nicht zulasse, so bleibe nur die Möglichkeit der Erklärung übrig, dass centripetale Nerven durch die Verletzung gereizt (erstes Stadium) die Bewegungen reflectorisch auslösen und dass späterhin eine Lähmung (zweites Stadium) der Nervenfunction eintritt. Somit glaubt Goltz berechtigt zu sein die Hypothese von der acustischen Function der Bogengänge aufzuheben.

Zu der neuen Hypothese giebt er folgende Erklärung: angenommen die in den Ampullen vorhandenen Nervenendigungen können durch Druck oder Dehnung erregt werden, wie etwa die dem Drucksinne dienenden Nerven der äusseren Haut, so reizt die Endolymphe

nach bekannten physicalischen Gesetzen die tiefstgelegenen Abschnitte der Wandung am stärksten. Die Druckverteilung wechselt nach der Kopfstellung, sonach wird jeder Kopfhaltung eine bestimmte Form der Nervenerregung entsprechen. Durch ungenaue Benachrichtigung des Gehirns über die Kopfhaltung infolge der durch die Verletzung gesetzten Störungen entsteht eine unrichtige Abschätzung der Bewegungen und daraus das Schwindelgefühl, welches seinerseits zu einer Reihe anderer Bewegungsstörungen führt.

Die Abhängigkeit der Störungen des Körpergleichgewichtes von den Störungen des Kopfgleichgewichtes bei Tauben glaubt Goltz durch folgenden Versuch erwiesen zu haben: bei einer vollständig gesunden Taube wird der Kopf durch blutige Naht genau in derselben Stellung vor der Brust befestigt, welche bei einem Tiere mit ausgedehnter Bogengangverletzung beobachtet worden ist. Es zeigen sich dabei vielfach überraschende Aehnlichkeiten im Verhalten dieser Tiere.

Welche Aufregung diese Hypothese unter den Männern der Wissenschaft hervorgerufen hat, zeigen bereits die nächsten zwei Jahre, wo Löwenberg[1] im Ganzen für Goltz eintritt, während Lussana[2] und Böttcher[3] der gegebenen Erklärung entschieden widersprechen, endlich Schklarewski[4] einen von Goltz unberücksichtigt gelassenen Fortsatz des Kleinhirns beschreibt, auf dessen Verletzung die stürmischen Manègebewegungen und das Erbrechen (Czermak) zurückzuführen seien. An Stelle einer Aufklärung und Einigung der Ansichten treten lebhafte Discussionen. Es lohnt nicht alle gelieferten Beiträge schon hier durchzusprechen, da fast alle an dieser Frage beteiligten Forscher in den folgenden Jahren in grösserem Rahmen nochmals für ihre Ansicht eingetreten sind — es werden somit nur Wiederholungen erspart.

Die von Löwenberg in seiner umfassenden Arbeit so bestimmt gemachten Angaben, dass die nach Durchschneidung der Semicircularcanäle des Ohres auftretenden Bewegungsstörungen allein auf eine reflectorische Reizung der häutigen Canäle zu beziehen seien, veranlassen Cyon[5] durch eigene Untersuchungen diese Ansicht mit der Goltzschen Deutung, dass die durch die Laesion verloren gegangenen Empfindungen von der Lage des Kopfes nicht allein für die resultierenden Gleichgewichtsstörungen, sondern auch für sämtliche Bewegungsstörungen verantwortlich gemacht werden müssen, zu vergleichen.

Die Mitteilung an sich ist der Abschluss einer experimentellen Untersuchung von Dr. Solucha in Cyons Laboratorium.

---

1) Arch. f. Augen- u. Ohrenheilk. III.
2) Sui canali semicirculari etc. Padowa 1872.
3) Dorp. med. Zeitschr. 1872. III.
4) Götting. Nachr. 1872.
5) Pflüg. Arch. 1874.

Zunächst wird die wichtige Frage zu beantworten gesucht: in wiefern ist eine anormale Kopfhaltung imstande das Gleichgewicht des Tieres zu stören und so Bewegungsstörungen zu veranlassen?

Der Einfluss der normalen Haltung des Kopfes für das Gleichgewicht und für zweckmässig coordinierte Bewegungen wird durch zwei Untersuchungsreihen erwiesen: zunächst wird die von Longet gemachte Beobachtung und Schlussfolgerung bestätigt, dass die nach Durchschneidung der Nackenmuskeln eintretende ungewohnte Kopfhaltung den Verlust des Gleichgewichtsgefühls zur unmittelbaren Folge hat; ferner wird der Goltz'sche Probeversuch über den Einfluss der Kopfstellung bestätigt.

Die zweite Frage lautet: wodurch und in welcher Weise ist diese Abhängigkeit des Gleichgewichtsgefühls von einer normalen Kopfhaltung bedingt?

Im Wesentlichen doch sicherlich durch die Veränderungen unserer Vorstellungen über Lage und Entfernungen der äusseren Gegenstände in Bezug auf unseren eigenen Körper. Aber nicht allein Täuschungen in den Gesichts- udd Gehörswahrnehmungen führen, wenn sie plötzlich eintreten, zu einer Unsicherheit des Ganges und zu Störungen des Gleichgewichtgefühls, sondern auch eine Erkrankung des Muskelgefühls hindert die Ausführung zweckmässiger und coordinierter Bewegungen.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsachen werden nunmehr die Versuche an Tauben und Fröschen angestellt. Dass auch bei dem Versuche alle Vorsichtsmassregeln besonders zur Vermeidung grösserer Blutungen und Nebenverletzungen zur Geltung gekommen sind, leuchtet ein.

Die Durchschneidung eines horizontalen Bogenganges hat einige seitliche Kopfbewegungen zur Folge, als ob das Tier „eine unangenehme Empfindnng loswerden wollte", in der Ebene des Ganges; diese Bewegungen hören sehr bald auf und kehren nicht wieder.

Die doppelseitige Durchschneidung der horizontalen Bogengänge erregt heftige Pendelbewegungen, die sich durch Festhalten des Kopfes vorübergehend aufheben lassen. Die Tiere zeigen keine Neigung zu willkürlicher Bewegung, sie fressen meist nicht von selbst. Am 3. bis 4. Tage verändern sich die Bilder nach zwei Richtungen: entweder vermindert sich die Heftigkeit der Erscheinungen, welche nur schnelle Bewegungen wieder hervorrufen — dies tritt bei reiner Durchschneidung ohne jede Blutung ein — oder es treten die vielbesprochenen charakteristischen Kopfhaltungen auf, jede Aufscheuchung erregt die heftigsten Pendel-, Manège- und Rollbewegungen bis zur Erschöpfung. Dies tritt zumeist ein, das Tier geht zu Grunde. Die Section erweist eine Erweichung des Kleinhirns an der hinteren Fläche.

Die Durchschneidung beider „kleinen vertikalen" Canäle hat mit dem eben skizzierten Bilde vieles gemeinsam. Allein der Character der Kopf- und der Rumpfbewegungen ist verändert.

Die Durchschneidung beider „grossen verticalen“ Canäle ist der fast unvermeidlichen heftigen Blutungen und Mitverletzungen des Kleinhirns wegen nicht vorgenommen worden.[1]

Die Durchschneidung sämtlicher vier Canäle zeigt im Allgemeinen eine Combination aus den Erscheinungen der Einzeloperationen: heftige Kopfbewegungen, begleitet von allgemeinen Zwangsbewegungen des Körpers. Cyon nennt die ersteren schraubenförmig, da die Tiere dabei den Eindruck machen als wollten sie ihren Schnabel in den Fussboden hineinbohren. Nach 4 bis 8 Tagen gehen die Tiere an ausgedehnter Vereiterung des Kleinhirns zu Grunde.

Bei der Discussion der beobachteten Störungen unterscheidet Cyon drei Gruppen von Erscheinungen:

1. Gleichgewichtsstörungen,
2. Zwangsbewegungen,
3. Consecutive Stellungen (vom 3. bis 4. Tage ab).

Die Betrachtung von 1. und 2. mache es wahrscheinlich, dass diese Störungen die unmittelbare Folge der Bogengangdurchschneidungen sind: denn einmal treten diese Störungen sofort auf, ferner zwingt die genaue Zergliederung der Kopf- und Rumpfbewegungen nach Zerstörung der einzelnen Bogengänge geradezu anzunehmen, dass letztere durch ihre Lage mit gewissen räumlichen Vorstellungen und Empfindungen in Beziehung stehen (p. 321). „Die Bogengänge tragen aber nur indirekt zur Unterhaltung des Gleichgewichtes unseres Körpers bei, indem sie uns über die Stellungen des Kopfes im Raume unterrichten durch Vermittelung der in den häutigen Bogengängen endenden Nervenfasern.“ Die Erregung der letzteren und ihre Wirkung stellt sich Cyon nun derart vor, dass durch die Durchtrennung der häutigen Canäle eine Reihe anormaler Gehörsempfindungen erzeugt werden, welche bei beiderseitig ausgeführter Operation so heftig sind, dass sie zu einem wahren Gehörsschwindel Veranlassung geben. Dadurch werden die heftigen Kopfbewegungen erregt, an die sich Rumpfbewegungen schliessen, die sich bis zu allgemeinen Zwangsbewegungen steigern können.

Den Schluss der Arbeit bilden die Beobachtungen Solucha's an operirten Fröschen, welche die eben gezeigten Folgerungen auch auf diese Tiere zu übertragen gestatten.

Die erste grössere Arbeit über die Beobachtungen Purkinje's im Zusammenhange mit Flourens Entdeckung und Goltz's Hypothese ist von Mach[2] geliefert worden, der bei seinen Versuchen und Darstellungen die physikalische Seite der Frage betont. Er zeigt sich dabei als begeisterter Verfechter der Goltz'schen Deutung. Er hat die Anschauung gewonnen, welche ihm auch die sämmtlichen bisher bekannten Thatsachen in natürlichen und übersichtlichen Zusammen-

---

1) Anm. In seiner späteren Arbeit (Recherch. expérim. sur les fonctions des canaux sémicirculairs etc. Paris 1878) hat Cyon auch Verletzungen an diesen Canälen gemacht und danach Kopfpendeln in den entsprechenden Ebenen beobachtet.

2) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen, Leipzig 1875.

hang zu bringen scheint, dass gewisse Labyrinthnerven vermöge ihrer specifischen Energie jeden Reiz mit einer Bewegungsempfindung beantworten, wodurch sich die Flourens'schen Erscheinungen erklären. Dieser Reiz wird in der Regel durch den Labyrinthinhalt selbst gesetzt, welche bei Bewegungen der Tiere das Schwerpunkt- und Flächenprincip zu erfüllen strebt. Mach stellt fest, das stets nur die Beschleunigung unmittelbar empfunden werde, sowohl bei stehender als bei progressiver Bewegung, nicht die Bewegung an sich. Durch zahlreiche, sehr anschauliche Versuche mannigfaltiger Art und durch scharfe Beobachtung aller erzeugten Schwindelerscheinungen constatiert er, was schon Purkinje mitgetheilt hat, den bestimmenden Einfluss der Kopfhaltung auf die Richtung der Schwindelbewegungen. Jede plötzliche Aenderung der Kopfhaltung erzeugt neue Bewegungsempfindungen. Im Kopfe muss sonach ein sehr wichtiger, wonicht der wichtigste, Beitrag zu den Bewegungsempfindungen ausgelöst werden. Letztere können zwar auch durch Pressungen und Zerrungen der Haut, durch Affection der sensiblen Nerven in den Knochen, Muskeln und Bindegewebe, durch die Muskelgefühle, welche bei Erhaltung oder Aenderung der Stellung der Körpertheile während der Bewegung auftreten, entstehen, bei einer eingehenden Prüfung aller dieser Organe stellt sich aber heraus, dass wohl eine Zerrung und Pressung empfunden werden kann, dass dadurch aber durchaus kein Aufschluss über den Sinn der Beschleunigung und der Locomotion gegeben werde. Die Versuche und Beobachtungen zeigen, dass diese Quellen der Bewegungsempfindungen zwar nicht absolut auszuschliessen sind, aber zur Erklärung der Einzelheiten nicht ausreichen und dass man zur Annahme eines besonderen Endorganes der Bewegungsempfindungen gedrängt wird, dessen Sensationen, weil sie nicht schon für andere Zwecke verbraucht sind, unzweideutige Merkmale der Locomotion liefern können.

Dieses gesuchte Endorgan wird nun in die Bogengänge verlegt und angenommen, dass die Ampullennerven die specifische Energie haben auf jeden Reiz mit einer Drehempfindung zu antworten. Alsdann ist „der Drehschwindelversuch eben nichts weiter als der Flourenssche Versuch.“ Statt die Durchschneidung der Bogengänge vorzunehmen, werden die Ampullennerven gereizt, indem dem Inhalte der Bogengänge durch Winkelbeschleunigung ein Drehungsmoment ertheilt wird, vermöge dessen er an den Ampullennerven zerrt (p. 104).

Mach führt nun consequent das Princip der specifischen Energie durch und nimmt an, dass in jeder der drei Ampullen eines Labyrinthes zwei Nerven seien, von denen nicht nur eine Drehung um eine andere Achse, sondern auch eine Drehung im entgegengesetzten Sinne empfunden wird. Infolgedessen gehören die beiden horizontalen Bogengänge zu einer Achse, ferner der rechte obere und der linke hintere sowie der linke obere und der rechte hintere Bogengang. Diese Annahme führt endlich zu der weiteren Annahme, dass nur

der Bewegungsantrieb der Ampulle gegen den Bogengang als umgekehrte Drehung empfunden wird, nicht aber der Bewegungsantrieb der Ampulle vom Bogengange weg.

Sowohl die eigenen früheren Mitteilungen als auch die Arbeiten von Mach veranlassen Breuer in der Einleitung zu einer umfangreichen Arbeit den Vorschlag zu machen, die Function des Labyrinthes als die eines „statischen Sinnes" zu betrachten. Breuer spricht somit offen aus, was Goltz und seine Nachfolger in das Gewand einer Hypothese gehüllt haben. Auf die Resultate der Arbeit selbst wird später bei Besprechung der neuen Versuche des Verfassers am Ohrlabyrinth Rücksicht genommen werden.

Gegen die Goltzsche Hypothese und ihre Anhänger tritt noch in demselben Jahre mit scharfer Kritik Böttcher[1] in die Schranken.

Die schwierige Bogengangfrage kann ohne genaue anatomische Kenntnis des verletzten Organs, ohne sorgfältige Analyse der Symptome, die nach einem bestimmten Eingriffe sich entwickeln, und ohne pathologisch-anatomische Untersuchungen der lädierten Teile einer Lösung nicht entgegen geführt werden."

Von diesen Gesichtspunkten aus beurteilt Böttcher zuerst die bisher gelieferten Arbeiten, denen er zunächst eine Vernachlässigung des Schklarewskischen „Kleinhirnfortsatzes" vorwirft. Letzterer schreibt: „das Schläfenbein beherbergt bei Vögeln in denjenigen Partien, in welchen die Bogengänge eingelagert sind, eine in den von den Bogengängen umfassten Raum sich weit hinein erstreckende, von den umgebenden pneumatischen Knochenzellen vollkommen abgeschlossene Höhle, welche mit der hinteren Schädelgrube in offener Verbindung steht, resp. einen seitlich etwas nach hinten und unten gerichteten Ausläufer derselben bildet, cavitas mesootica: „Der Inhalt dieser Höhle besteht aus unmittelbaren Fortsetzungen der seitlichen Anhänge des Wurms des Kleinhirnes. Diese Hirnfortsetze sind mit sämmtlichen Hirnhäuten umkleidet, auf denen auffallend starke Blutgefässe verlaufen."

Böttcher hat nun durch eigene Untersuchungen festgestellt, dass dieser „Kleinhirnfortsatz nichts anderes sei als der aquaeductus vestibuli. Von einer Verletzung eines Kleinhirnfortsatzes könne somit bei der Durchschneidung des äusseren verticalen Bogenganges bei Tauben keine Rede sein.

Die beobachteten Bewegungserscheinungen sind zu trennen in:

1. einseitige Verdrehung des Kopfes und die damit verknüpfte Senkung desselben auf den Boden, sodass der Scheitel den Boden berührt und der Schnabel mehr oder weniger nach hinten gerichtet ist. Diese Erscheinungen sind nach vorsichtigen Operationen nie beobachtet worden; treten sie bei anderen Gelegenheiten auf, so können sie leicht auf Affection benachbarter Hirnteile zurückgeführt werden.
2. Reitbahnbewegungen und Bewegungen nach vorn und hinten um die Querachse. Sie hängen gleichfalls nicht von der Durch-

1) Arch. f. Ohrenheilk. IX. 1885.

schneidung je zweier gleichnamigen Bogengänge ab. Diese Trennung giebt vielmehr nur die Ursache für ihre Entstehung ab. Diese Bewegungsstörungen können später gänzlich schwinden, ferner lassen sie sich bald nur beim Fliegen allein, bald nur beim Gehen beobachten und endlich hängt jede Art Bewegungsstörung nicht allein von den einzelnen durchschnittenen Bogengängen, sondern auch von der Stelle der Durchschneidung ab.

3. Pendelbewegungen des Kopfes, wenn eine beiderseitige Bogengangoperationen stattgefunden hat. Diese können aber nur eine vorübergehende Erscheinung sein, oder sie können bestehen bleiben bei unausgesetzt gerader Kopfhaltung, oder sie können aufhören, wenn sich eine Kopfverdrehung einstellt, oder sie können endlich trotz beiderseitiger Durchschneidung des Bogengangapparates ganz ausbleiben.

Mit der Goltzschen Hypothese, dass die Bogengänge sozusagen Sinnesorgane für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des ganzen Körpers seien, erklärt sich also Böttcher auf Grund seiner Versuche (16) nicht einverstanden. Die Gleichgewichtsstörungen des Kopfes, von denen die Gleichgewichtsstörungen des Rumpfes abhängen sollen, seien auf pathologische Processe zurückzuführen, Endzündungen und Erweichungen im Kleinhirn. Hierin schliesst sich Böttcher vollständig Bloch[1] an.

Es folgt nun eine kritische Besprechung der wichtigsten Arbeiten von Flourens, Cyon, Löwenberg, Mach, Breuer u. a.

Zum Schlusse nötigen die überraschenden Pendelbewegungen, deren Erklärung grosse Schwierigkeiten bereitet, da doch die Richtung von der Durchschneidung bestimmter Canäle abhängt, zu kurzem Verweilen. Er stellt die Ansichten von Brown-Séquard und Schiff gegenüber. Während ersterer da er die mechanische Reizung des Hörnerven als Ursache der Bewegungsstörung erkannt hat, vorschlägt: I have ascertained that the phenomena observed in these experiments do not depend on the section of these canals, as this operation may not cause these plenomena, but that they are the results of an iritation of the auditory nerv, from the drawing upon it by the membranous semicircular canals et the time we divide them ...“ erklärt Schiff:[2] die Hypothese, dass der Acusticus in zwei Nerven zerfalle, von denen der eine dem Gehöre diene, während der andere die eigenthümlichen Bewegungen des Kopfes vermittle, die Flourens nach der Durchschneidung der halbzirkelförmigen Canäle beschrieb, entbehrt aller Begründung. Durch letztere Ansicht und durch zwei eigene Versuchsresultate bestimmt, führt dann Böttcher auch die Pendelbewegungen auf Mitleidenschaft der Centralorgane zurück. Er bedauert lebhaft, dass durch die freilich sehr mühsamen mikroscopischen Untersuchungen der entscheidende Abschluss nicht geliefert werden kann. —

---

1) Diss. inaug. St. Petersburg 1873.
2) Lehrbuch d. Physiol. 1858/59. p. 399.

Dasselbe Jahr bringt eine Arbeit von Berthold,[1] deren Ergebnisse wiederum für die Goltz'sche Hypothese sprechen. Auf dem Boden der Schklarewski'schen Entdeckung und Erklärung stehend trennt dieser Autor die Erscheinungen, welche nach einer Mitverletzung des „processus cerebelli mesootici" resultieren von denen die bei Bogengangdurchschneidungen vorkommen, da ein Teil der Erscheinungen bei beiden Operationen übereinstimmt — die Differenz ergiebt alsdann die allein auf Bogengangverletzung zu beziehende Resultate und damit die Berechtigung, Schlüsse auf die Function derselben zu ziehen.

Die bei erster Methode erzielten Erscheinungen sind die bekannten stürmischen Bewegungen: Ueberkugeln, Rollen, Flügelschlagen und vor allem Kopfverdrehungen — es sind dabei schon macroscopisch deutlich pathologische Veränderungen nachzuweisen.

Zu der Prüfung der Bogengangfunction werden chemische (conc. Na Cl u. Ag NO_3) und electrische Reize benutzt. Bei ersteren hat Berthold keine vermehrten Kopfbewegungen, wie Löwenberg gesehen. Die electrischen Reizungen werden am horizontalen Bogengange ausgeführt und zwar werden feine Silberdrahtelectroden in die Bogengänge geschoben. Bei Schluss der Kette dreht sich der Kopf jedesmal nach der Anodenseite. Bei Stromwendungen treten Pendelbewegungen in horizontaler Richtung ein.

Im Anschluss an seine Versuche berichtet Berthold noch zwei Beobachtungen an Menschen, von denen eine auf Trauma am Hinterkopfe ohne äussere Zeichen der Verletzung nach 8 Tagen schwache Pendelbewegungen gezeigt hat. Die Erscheinungen haben zwar bald nachgelassen, sind aber später durch ungestüme Körperbewegungen in bedeutender Intensität wiederstanden. Dabei zeigt der Patient (Soldat) keinen Schwindel und keine Gehörsstörungen noch Ohrensausen. Der zweite Fall betrifft eine rhachitische männliche Person, die nach der Anamnese als Kind Kopfpendeln gehabt haben soll mit starken Ohrenflusse. Links ist die Person taub und auf dem rechten Ohre schwerhörig geworden. Den Schluss der Arbeit bildet gleichfalls eine Kritik aller früheren Deutungen. Berthold weist sie teils ganz zurück teils hält er für nötig sie zu modificieren. Nach seiner Ansicht haben die Bogengänge die Function die Coordination der Bewegungen auf dem Wege des Reflexes zu vermitteln. Sie leisten diese Arbeit in Verbindung mit zwei Sinnesorganen: Gesicht und Gefühl. Ob die Bogengänge auch zum Hören dienen, ist bis jetzt nicht festgestellt.

Die Arbeit von Crum Brown[2] enthält im wesentlichen eine Bestätigung der Angaben von Mach (Rotationsversuche) und Breuer. Gegen letzteren wird mit Mach nach dem Gesetze der specifischen Energie für jeden der sechs Canäle eine bestimmte Function angenommen. —

---

1) Arch. für Ohrenheilk. IX.
2) Journ. of anat. and phys. VIII.

Da im Folgenden wohl noch Gelegenheit zur Erwähnung sein wird, so sei hier nur auf Einiges in Curschmann's[1] Studie aufmerksam gemacht. Betont wird zunächst, dass die Goltz'schen Beobachtungen nie primär verkommen, dass ebensowenig eine abnorme Kopfhaltung auf die Bewegung des Körpers einen bestimmenden Einfluss habe. Zum Beweise werden Versuche mit einseitiger Verletzung oder mit künstlich fixiertem Kopfe angestellt. Ferner geht aus dieser Arbeit hervor, dass die Störungen stets im geraden Verhältniss zur Ausdehnung der Läsion und etwaiger Nebenverletzungen stehen. Die Erscheinungen nach doppelseitiger Läsion des Horizontalcanales (Schwanken des Kopfes nur bei Bewegung, beim Laufen Manègegang) machen den Eindruck „einer mangelhaften Balance des Rumpfes um die verticale Achse."

Die Erscheinungen nach doppelseitiger Läsion der beiden (nach Curschmann gleichwertigen) Verticalcanäle zeigen ähnliche Störungen: Unlust zu Bewegungen, wird die Bewegung hervorgerufen, so erscheint die Balance um die Querachse mangelhaft. Der Kopf pendelt um die Querachse, meist in Form einer stehenden 8. Das Gehör ist stets intakt, selbst nach doppelseitiger Zerstörung sämmtlicher Bogengänge. —

Die Mitteilung von Bornhardt,[2] welche neben einer experimentellen Kritik der Mach-Breuer'schen Theorie eine an und für sich ganz interessante neue hypothetische Function der Bogengänge enthalten, umfassen eine Reihe von Durchschneidungsversuchen, an die sich ein controllierender Rotationsversuch anschliesst. Die Resultate sprechen gegen die oben genannte Theorie.

Die anatomische Betrachtung der halbzirkelförmigen Canäle, die sich zur Uebertragung von „Schwebungen" eignen sollen, und ihr Verhältniss zu den Halsmuskeln, welche den Kopf drehen, führt Bornhardt zu der Vermutung, dass die Function der Bogengänge darin bestehe durch die bei Muskelcontraction infolge von Kopfbewegungen hervorgerufenen schwankenden Bewegungen der Bogengänge und damit der Ampullarnerven dem Centralhirn die Empfindung der stattgehabten Muskelverkürzung zu übermitteln. Der nächste Erfolg einer Bogengangdurchschneidung ist nach seiner Meinung das Ausbleiben der Muskeltöne und die Unmöglichkeit regelmässiger Muskelcontraction. „Diese Störung der Kopfbewegungen wird auch durch die Störung in den Bewegungen der Extremität derjenigen Seite des Körpers begleitet, auf welcher die Durchschneidung des Bogenganges stattgefunden hat. Diese Störung besteht in einen Schwäche, Unsicherheit und Unregelmässigkeit der Bewegungen, woher auch diese Reihe von Störungen einen atactischen Character erhalten." —

Im Laboratorium des Prof. Hermann hat eine junge Dame, Frl.

---

1) Arch. f. Psych. V.
2) Centralblatt 1875 und Pflüg. Arch. XII.

Anna Tomascewicz[1], die Bedeutung der Bogengänge für die Physiologie des Ohrlabyrinthes in grösserem Rahmen behandelt. Nach ihrer Ansicht lassen sich die Flourens'schen Erscheinungen durch drei Möglichkeiten erklären: entweder sind die Bogengänge Gleichgewichtsorgane, oder die operativen Eingriffe an ihnen sind von mehr oder weniger palpablen Veränderungen des Centralorganes begleitet, oder die Bogengänge sind Gehörorgane und die ihre Verletzung begleitenden Erscheinungen lassen sich von abnormen Gehörsempfindungen ableiten.

Was die erste Frage anbetrifft, so kann A. T. trotz sehr zahlreicher Rotationsversuche und Bogengangoperationen an Fröschen, Tauben und Kaninchen keine deutliche Aehnlichkeit zwischen den beiden Arten von Erscheinungen constatieren. Deshalb protestiert die Verfasserin lebhaft gegen die Goltz'sche Theorie und die Mach-Breuer'sche Behauptung, dass der Drehschwindel nichts weiter sei als der Flourens'sche Versuch. Es sprechen aber nicht allein die experimentellen Erfahrungen dagegen, sondern es ist auch rein unmöglich die Empfindungen der Bewegung und Drehung mit den noch dazu oft so heftigen und andauernden Pendelbewegungen zu vereinigen, da eine grosse Ueberwindung dazu gehört beim Drehschwindel die Kopfstellung zu ändern, ohne ein Umfallen oder doch eine Unsicherheit und ein Schwanken zu bedingen: die operierten Tiere pendeln heftig und stehen dabei sicher auf den Beinen. Unbegreiflich ist es, wie die gleiche Empfindung mit verschiedenen Reactionen, einmal mit Kopfbewegungen, ein anderes Mal mit Körperbewegungen beantwortet werden. Die Verfasserin hat lebhaftes Pendeln bei ruhiger Kopfhaltung und am gleichen Tiere Manègegang bei ruhiger Kopfhaltung häufig beobachtet.

Bei genauer Beobachtung fällt die Unabhängigkeit der Pendelbewegungen von den übrigen Gleichgewichtsstörungen auf. Während die Pendelbewegungen unmittelbar nach der Durchschneidung die grösste Heftigkeit zeigen, dann mit jedem Tage die Anfälle an Intensität und Häufigkeit abnehmen, in manchen Fällen durch eine Kopfverdrehung ersetzt werden, in anderen vollkommen verschwinden, verhalten sich die Bewegungsstörungen des Rumpfes gerade umgekehrt: sie treten niemals unmittelbar nach einer schonenden, ohne erhebliche Blutungen ausgeführten Operation auf, entwickeln sich nur allmählig, steigern sich oft bis zu Zwangslagen mit allgemeinen Krampfanfällen, unter welchen Erscheinungen die Tiere meist zu Grunde gehen. Desshalb fasst die Verfasserin sämmtlich Gleichgewichtsstörungen des Rumpfes als secundäre, mit der Verletzung der Bogengänge in keinem unmittelbaren Zusammenhange stehende Erscheinungen auf. Dass bei operierten Kaninchen Nystagmus eintritt, liegt daran, dass die isolierte Verletzung einzelner bestimmter Labyrinthteile ohne Reizung der dicht anliegenden Gehirnteile sich überhaupt nicht ausführen

1) Inaug. Dissert. Zürich 1877.

lässt. Ausserdem löst nach Hitzig[1] eine Reizung der Flocke gleichfalls rhytmische Kopfbewegungen und associierte nystagmische Augenbewegungen aus. Es liegt daher nahe dasselbe ursächliche Moment anzunehmen, um so mehr als die Canäle der Flocke unmittelbar anliegen. Das zeitweise Vorkommen von Schwindelerscheinungen ist als Reizzustand des Gehirns oder der Meningen durch Kopfbewegungen, heftiges und anhaltendes Pendeln und durch Zwangsbewegungen nach der anderen Seite anzusprechen.

Die Verfasserin berichtet dann über drei Fälle von wirksamer intracranieller Zerquetschung des Nervus acusticus. Die Zeichen für das Gelungensein der Versuche bestehen einmal in vollständiger Taubheit, sodass kein Geräusch, kein Schluss percipiert wird, dann aber in den Symptomen der vollkommen Facialislähmung: es tritt kein Lidschluss, keine Bewegung der Nasenflügel mehr ein. Dagegen bleiben die Tiere, sobald die anfänglichen Symptome unmittelbar nach dem Eingriffe vorüber sind, ohne charakteristische Erscheinungen, sie sind sicher in der Ausführung ihrer Bewegungen und reagieren normal auf Rotationsversuche und electrische Reizung. Den Schluss des ersten Abschnittes bildet eine kritische Betrachtung der bis jetzt gelieferten Erklärungen (Purkinje, Mach, Breuer) und der Versuche (Mach, Breuer, Crum-Brown).

Den zweiten Teil beginnt unsere Forscherin mit der energischen Zurückweisung der Ansicht, dass eine Mitbeteiligung des Gehirns bei derartigen Versuchen auszuschliessen sei. Im Gegenteil weisen ja gerade alle Versuchsresultate nach Kleinhirnverletzungen regelmässig Störungen in der Bewegung und Mangel der Coordination auf. (Flourens, Magendie, Longet, Hitzig, Curschmann u. v. a.) Interessant sind die im Anschluss an diese Betrachtungen mitgeteilten pathologischen Fälle, deren Ausführung hier nicht am Platze ist. Es muss die Möglichkeit einer Miterkrankung des Kleinhirns bei der Bogengangoperation entschieden mit ins Auge gefasst werden. Nicht allein anatomische Betrachtungen, sondern auch die Berücksichtigung der Operationstechnik auf so difficilen Gebiete und vor allem die Möglichkeit secundärer Schädigungen mannigfaltiger Art zwingen dazu. Darüber folgen nun eingehende Betrachtungen.

Dass nach beiderseitigen Operationen immer Pendelbewegungen auftreten und den deutlich ausgesprochenen Character von vorübergehenden Reizerscheinungen tragen, ihr regelmässiges Erscheinen unmittelbar nach der Durchschneidung beider gleichnamigen Bogengänge, der Umstand, dass sie immer in der Ebene derselben auftreten und mit der Heilung der Wunde aufhören, alles nötige zu der Annahme, dass sie Folge von Reizung der Ampullen sind. Im Gegensatze dazu scheinen die Bewegungsstörungen des Rumpfes in keinem direkten Zusammenhange mit der Verletzung des Acusticus zu stehen. Es sind vielmehr Schwindelerscheinungen als Folgen einer Gehirnaffection

1) Untersuchungen über das Gehirn, Berlin 1874.

und die Richtung dieser Bewegungen wird von den gleichzeitig in den Ampullen ausgelösten Empfindungen (darüber findet sich noch Näheres im 3. Abschnitt) beherrscht. Den Schluss dieses Capitels bildet die Besprechung der experimentellen Resultate von Böttcher, Curschmann, Berthold, Löwenberg und Bornhardt nebst kritischen Bemerkungen und Erklärungsversuchen.

Der dritte Abschnitt endlich behandelt die Frage, ob es möglich ist eine Erklärung zu schaffen und gleichzeitig dabei an der acustischen Function des Labyrinthes festzuhalten. Die von Hasse[1] angestellten morphologischen Studien haben erwiesen, dass mit der fortschreitenden Entwicklung des Gehörapparates in der Tierreihe eine Trennung desselben in eine pars superior (Bogengänge und utriculus) und in eine pars inferior (Schnecke und sacculus) sich bemerkbar macht. Die pars superior liegt vorwiegend denjenigen Teilen der Labyrinthknochen unmittelbar an, die am unmittelbarsten den Schallwellen ausgesetzt sind. „Sack und Schnecke liegen dagegen, von den Amphibien angefangen, im Bereiche eines eigenen Schallzuleitungsapparates. Anatomisch-histologisch besteht in beiden Teilen eine vollkommene Identität: alle Nervenendigungen des Acusticus enthaltend, mit Endolymphe gefüllt, in Perilymphe schwimmend und unter einander verbunden, befinden sie sich durch ihre Lage im Vorhofe unter gleichen physicalischen Bedingungen. Bei dieser Uebereinstimmung ist es schwer eine physiologische Verschiedenheit anzunehmen und dem ramus vestibuli eine verschiedene spezifische Energie aufzudrängen. Flourens, der Entdecker der Bogengangphaenomene, ist weit entfernt gewesen die acustische Bedeutung der Bogengänge zu bestreiten. Um nun die eigentümliche Stellung zu erklären, kommt die Verfasserin zu der Ansicht: die Bogengänge werden vorzugsweise durch Knochenleitung erregt und vermitteln die Empfindung der Schallrichtung. Diese Theorie wird dann auch nach verschiedenen Seiten ausgesponnen.

Anm.: Es mag hier genügen darauf hinzuweisen, dass ein Jahrzent später (1887) diese Theorie von A. Tomascewicz wiederum der Gegenstand einer durch überreiche Versuche bemerkenswerten Arbeit von Preyer[1] und K. Schäfer gewesen ist. Erstere hat bereits gefunden, dass auf 31 richtige Deutungen 1 Täuschung komme und dass am häufigsten die Richtung von vorn mit der nach hinten verwechselt werde, zumal bei ungenügender Intensität des Schalles und seltener unter Wasser als in Luft; letztere constatieren bei ihren Versuchen, dass eine Verwechseluug von rechts und links niemals vorkomme, dagegen bei Bestimmung von oben oder unten und hinten oder vorn. Auf eine Detaillierung dieser Arbeit hier einzugehen, ist nicht am

---

1) Die vergleich. Morphologie u. Histologie des häut. Gehörorganes d. Wirbeltiere. 1873.

2) Pflüg. Arch. XL. pag. 586.

Platze, es genüge demnach die Mitteilung der Hypothese, dass „die specifische Energie der Ampullarnerven imstande sei ein mit Schall verbundenes Raumgefühl zu geben, und zwar ein Richtungsgefühl."

Ebensowenig können die an sich ganz interessanten pathologischen Mitteilungen, besonders die Beobachtungen von Munk,[1] Stefam[2] und Bonnafont,[3] einer näheren Betrachtung unterzogen werden. —

Mit wenigen Worten soll jedoch auf Ferrier's[4] Ansicht über die Organe zur Erhaltung des Gleichgewichtes eingegangen werden. Dieser Forscher sucht durch Experimente nachzuweisen, dass neben dem Tast- und Gesichtssinne den durch das Ohrlabyrinth zugeführten Eindrücken, ganz im Goltzschen Sinne, die grösste Bedeutung in Beziehung auf die Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes zukomme. Ausserdem schliessen sich Betrachtungen mehr hypothetischer Natur an über gewisse viscerale Empfindungen, die bei gewissen Tierarten durch mechanische Reizung der pacinischen Körperchen im Mesenterium dem Sensorium zugeführt möglicherweise auch einen gewissen Einfluss auf die Coordinationscentren ausüben können. —

Eine der umfangreichsten Arbeiten stammt von Spamer.[5] Dieselbe umfasst zwei Teile:

1. eine grosse Anzahl (53) von Experimenten und
2. eine kritische Besprechung der wesentlichsten hierher bezüglichen Beiträge nebst eigener Deutung.

Ad. 1a. Mechanische Reizung: hierbei lässt sich vortrefflich die Steigerung der Erscheinungen proportional der Grösse des Eingriffes beobachten. Zu schnell vorübergehenden, nur bei schärfsten Vergleichen der operierten mit gesunden Tieren nicht entgehenden Auffälligkeiten in den Aeusserungen der Tiere nach einfacher punktförmiger Eröffnung der knöchernen Canäle, gesellen sich bei fortschreitender Application von Längsschnitten durch einen oder mehrere Bogen derselben Seite kaum Verminderungen der Flugneigung. Nach der Querdurchschneidung aller drei Canäle einer Seite wird nur vorübergehend Bogenlaufen und Umdrehung beim Laufen nach der verletzten Seite beobachtet, daneben einige zuckende Kopfbewegungen, aber kein regelmässiges Kopfpendeln. Stärker und länger andauernd treten diese Erscheinungen auf, wenn auch die Bogengänge der anderen Seite verletzt worden sind. Nach beiderseitiger Durschneidung aller Canäle wird eine grosse Unsicherheit beim Gehen, Unlust zum Fliegen und noch einige Auffälligkeiten („Agoraphobie") beobachtet, alle Störungen treten aber mehr oder weniger zurück nach kurzer Zeit — nur eine Wiederkehr der Flugfähigkeit wird vermisst.

---

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878.
2) Memoria letta all' Accad. med.-chir. 1879.
3) Compt. rend. LXXXIV.
4) Die Function des Gehirns. 1879.
5) Pflüg. Arch. XXI. p. 479—590.

In der Beschreibung der „unreinen“ Experimente spiegeln sich die von früheren Untersuchern als Folgen von Bogengangverletzung fälschlich beschriebenen Symptome von Mitleidenschaft des Gehirns wieder.

b) Chemische Reizung: von allen angewendeten Mitteln bewirkt besonders Eisenchlorid (1 Tr.) auf die Oberfläche der unverletzten Canäle gebracht, wobei natürlich schnell eine Ausbreitung stattfindet, eine vorübergehende Drehneigung nach derselben Seite; bei Anwendung auf die häutigen Canäle wird gleichfalls eine deutliche Drehneigung nach der verletzten Seite und verminderte Fluglust constatiert.

c) Thermische Reizung der Canäle durch vorsichtige Application des Thermocauters oder eines glühenden Drahtes bewirkt in ihren geringsten Graden dieselben Folgeerscheinungen wie die ausgedehntere mechanische Reizung der häutigen Bogengänge. Nach Ablauf von etwa 10 Min. lässt sich jedoch stets eine starke Abnahme der Störungen nachweisen.

d) Electrische Reizung: In Anwendung kommen als Applicationsmethoden entweder das blosse Andrücken der Electroden oder das Umschlingen der stromleitenden dünnen Kupfer- oder Platindrähte; trotz der hiermit verbundenen mechanischen Reizung wird das Umschlingen vorgezogen.

1. Einseitige faradische Reizung: ganz schwache Ströme haben Körperneigung und Umdrehung nach der entgegengesetzten Seite während und nach der Reizung zur Folge. Bei Reizung mit stärkeren Strömen kann man Zeigerumdrehungen nach der entgegengesetzten Seite beobachten, ebenso beim Aufhören der Ströme. Ausserdem wird durch starke oder länger andauernde Ströme immer die Sicherheit der Bewegungen für einige Zeit beeinträchtigt.

2. Einseitige galvanische Reizung ergiebt bei einem Strome von 5 Elementen: Neigen bis zu vollkommenen Umfallen auf eine Seite und Drehung nach derselben Seite (Zeigerdrehungen). Längere Stromdurchleitung erzeugt Kreisumwälzungen um die aufgestemmte Brust, sogar Umwälzungen um die Längsachse des Körpers. Zu bemerken ist zudem noch, dass die galvanischen Reizungen und dabei wieder, wie zu erwarten, die Stromunterbrechungen stärker wirksam sind.

Die isolierte Reizung des Horizontalcanals zeigt bei Stromdurchleitung von vorn nach hinten: Neigung (oder Fallen) und (Zeiger-) Umdrehungen des Tieres nach der gereizten Seite. Bei Umkehr der Stromrichtung wechselt gleichfalls die Richtung der Zwangsbewegungen. Wird der häutige Horizontalcanal mittels Platindrähten direkt gereizt, so tritt bei Stromschluss und zwar bei jeder Stromrichtung eine Ausbreitung und Erhebung der Flügel ein; die Dauer der Erscheinung correspondiert mit der Intensität der Einwirkung.

Die isolierte Reizung des „Querverticalcanals“ zeigt bei aufsteigendem Strome: Bewegung nach der gereizten, bei absteigendem: Bewegung nach der anderen Seite hin. Im Uebrigen gilt Alles, was

oben im allgemeinen und bei Reizung des Horizontalcanals im speciellen mitgeteilt ist.

Der Vergleich der bekannten Wirkungen galvanischer Stromdurchleitungen quer durch den Kopf bei intakten Canälen mit den Wirkungen nach vollständiger „reiner" Abtragung aller häutigen Canäle nötigt Spamer zu dem Satze, dass „die beschriebenen, durch den Strom verursachten Zwangsbewegungen noch nach vollständiger Zerstörung der Canäle vorhanden sind, nur schwächer als vorher."

Bei den wenigen, zum Vergleiche herangezogenen Versuchen am Kleinhirn wird constatiert, dass nach Bloslegung im mittleren Teile und nach Einstichen ohne Bloslegung: Körperneigung nach der einen Seite, Zeigerdrehungen, Kreisdrehungen um die aufgestützte Brust und Drehungen um die Längsachse erfolgt. Bei direkten Durchleitungen des galvanischen Stromes durch das Kleinhirn macht Spamer die Beobachtung, dass mit zunehmender Zahl der Elemente wohl eine stärkere Einwirkung stattfindet (Fallen und Drehen), dass aber nie dieselbe annähernd so heftig sei wie bei Leitung der gleichen Ströme durch die Canäle mittels um sie geschlungener Drähte.

Die späteren Folgeerscheinungen der Canaloperationen, die sich auf die Beobachtungszeit von meistens 10—12 Tagen, in fünf Fällen über 3—6 Monate erstrecken, hängen nach Spamer mit den schon von Curschmann als unmittelbare Folgen der Operation genau geschilderten Beobachtungen sicher wohl sehr eng zusammen: nämlich

1. dass die Tiere sich durch seitlichen Druck parallel ihrer Längsachse ganz auffallend leichter nach der verletzten Seite als nach der unverletzten verschieben lassen, und
2. dass Bein, Fuss und Zehen der operierten Seite sich immer etwas ungeschickter zeigen, als auf der anderen.

Ad II. Im theoretischen Teile weist Spamer auf die Schwierigkeit hin eine bestimmte und gesicherte Deutung aller beobachteten Erscheinungen zu geben. Als unzweifelhaft sieht er es an, dass die häutigen Canäle an sich für die Sicherheit sämtlicher willkürlichen Bewegungen der Tiere von hoher Bedeutung sind. Ferner dass in keiner Muskelgruppe nach reinen Laesionen der Bogengänge Lähmungserscheinungen zur Beobachtung gelangen. Die Bewegungsstörungen müssen als Folgen einer übermässig starken („krampfhaften") Muskelcontraction auf der operierten Seite angesprochen werden — die Annahme einer Ataxie im allgemeinen lehnt der Verfasser ab, für die Fälle jedoch, bei denen eine fehlerhafte Zehenstellung resultiert, wird der Mangel einer zweckmässigen Coordination der Muskeln — also eine gewisse Ataxie — als Ursache angesehen (p. 557). Eine Schwäche im Beine lässt sich nicht constatieren. Dieser Umstand erschwert die Erklärung der Thatsache, dass die Verletzung oder Zerstörung der Canäle (oder nur eines) auf einer Seite Unsicherheit der Bewegung auf der ganzen betreffenden Körperhälfte — und wieder nur (oder wenigstens zunächst) auf dieser — erzeugt (p. 560).

Auf die nun folgenden Betrachtungen der in der Litteratur wiedergegebenen Versuche und der daran geknüpften Hypothesen kann hier nicht ausführlich eingegangen werden. Es mögen folgende, Spamer's Stellung zu unserer Frage einigermassen erklärende, Bemerkungen genügen: obwohl die häutigen Bogengänge des inneren Ohres und ihre Ampullen eine hohe Bedeutung für die Sicherheit der Bewegungen haben, so ist doch die Annahme, sie seien als Centralorgan des Gleichgewichtsinnes anzusehen, völlig unberechtigt, sie sind im Goltz'schen Sinne ein peripheres Organ für das Gleichgewichtsgefühl — jedoch nicht das einzige Sinnesorgan der Coordination. Das ursächliche Reizmoment kennen wir noch nicht. Die Erscheinungen nach Eingriffen an den Canälen sind zumeist als Reizerscheinungen aufzufassen, daneben giebt es aber auch Ausfallserscheinungen. Die stets erst nach Ablauf mehrerer Tage eintretenden Kopfverdrehungen sind auf einen centralwärts von den Bogengängen sich entwickelnden Erregungszustand zurückzuführen.

Ueber den etwaigen Zusammenhang der Beobachtungen mit Schwindelerscheinungen spricht sich Spamer nicht bestimmt aus. — Bereits im nächsten Jahre sieht sich Spamer[1] genötigt noch auf einige Punkte zurückzukommen, da Baginsky[2] durch zahlreiche Versuche den Nachweis zu liefern sucht, dass alle Bewegungsstörungen nach Bogengangläsionen lediglich die Folge von Hirnverletzungen seien — er ist zu diesen Versuchen gekommen durch voraufgehende Arbeiten über Schwindelerscheinungen nach Ohrverletzungen.[3] Baginsky hat durch Injection von Flüssigkeiten durch das perforierte Trommelfell in die Paukenhöhle ganz bestimmte Schwindelerscheinungen (bilateralen Augennystagmus, Kopfoscillationen und Deviationen, verschiedene Zwangsbewegungen) beobachtet, welche in ihrer zeitlichen Entstehung und Fortdauer nach der Qualität der eingespritzten Flüssigkeiten und nach dem Grade des angewendeten Druckes variieren. Als Ursache giebt er das Eindringen der Flüssigkeit durch die zerrissene Membran der Fenestra rotunda in den Aquaeductus cochleae und von da in den Arachnoidealraum an. Die dadurch bedingte Reizung der Medulla oblongata in der Gegend des Corpus restiforme erkläre die beobachteten Erscheinungen.

Die Versuche über das Vorhandensein des „statischen Sinnes" des Ohrlabyrinthes werden an Hunden ausgeführt. Die Tiere zeigen bis auf Taubheit keinerlei Störungen. An Tauben wird die Abhängigkeit der Richtung der Bewegungsstörungen von der Ebene des verletzten Canales vermisst, ebenso die Angaben Cyon's über die Beziehungen der Nystagmusrichtung zu den Canälen.

Gegen diese Angaben wendet nun Spamer einige kritische Bemerkungen ein. —

---

1) Pflüg. Arch. XXV.
2) Arch. für Anat. u. Phys. 1881.
3) Monatsber. d. Berl. Acad. 1881.

Einer eingehenden Prüfung der Arbeit Baginsky's über Schwindelerscheinungen hat sich Högyes[1] unterzogen. Da er schon in einer früheren Arbeit gewisse Beziehungen des Vestibularapparates zu den Augen- und anderen Muskelbewegungen behauptet hat, so glaubt er nunmehr durch neue Versuche (Reizung des häutigen Labyrinthes mit chemischen Flüssigkeiten) unzweifelhaft festgesetzt zu haben, dass die Vestibularenden des Nervus acusticus reflectorisch bilateralen Nystagmus und eigenartiges Kopfpendeln und Körperbewegungen auslösen können. Eine Änderung in der Versuchsanordnung beweist weiterhin, dass die Schwindelerscheinungen, welche bei der Druckerhöhung in der Paukenhöhle entstehen, allein auf die Reizung der Vestibularnerven des Nervus acusticus zurückgeführt werden können.

Gegen diese Angriffe verteidigt sich Baginsky[2] in einer neuen Arbeit. Er knüpft daran eine scharfe Kritik der Versuche und Schlüsse. Er operiert an Hunden, denen das Ohrlabyrinth erbrochen wird: sogleich tritt beiderseitig hochgradiger Nystagmus, Augenrollen und zuweilen eine Verengung der Pupille auf der operierten Seite oder eine Empfindungslosigkeit der Cornea ein. Die befreiten Tiere fallen um, es treten die heftigsten Schwindelerscheinungen ein, bedeutende Bewegungsstörungen. Die Folgeerscheinung der Drehschwindelversuche, zu deren Erzeugung das Vorhandensein eines oder beider Ohrlabyrinthe nicht nötig ist, können einzig und allein durch Störungen der Circulation und durch Änderung der Druckverhältnisse im Schädelraume entstehen. Ob diese letzteren Störungen oder der Abfluss der Cerebrospinalflüssigkeit und secundäre Störungen auch das ursächliche Moment für die Folgen der Operation sind, wird noch nicht entschieden. —

Bei Versuchen mit Zerstörung der centralen grauen Substanz des dritten Ventrikels und gewisser Teile an der Hirnbasis (Thal. opt., Pons, Pedunculi) und später mit Exstirpation der Olive hat Bechterew gewisse Störungen der Körper und Augenbewegungen beobachtet und schliesst daraus auf eine Mitbeteiligung dieser Teile bei der Gleichgewichtsfunction des Kleinhirns. In einer speciellen Arbeit[3] ist er dann unserer Frage näher getreten. Da die Operationen an Hunden vorgenommen werden, so werden zunächst die bisher angegebenen Methoden den Acusticus intracraniell zu durchschneiden besprochen; es sind die Methoden, die Cyon[4] vorgeschlagen hat. Bechterew hält sie sämtlich für unbrauchbar und giebt seine eigene Methode an: nach der Durchschneidung der Occipitalmuskeln wird durch ein Bohrloch zwischen Occipitalknochen und Atlas mit einem eigenartigen Stilet eingegangen und längs der Oberfläche des Pyramidenknochens das foramen audit. int. erreicht und der Nerv durch

1) Pflüg. Arch. XXVI.
2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1885.
3) Pflüg. Arch. XXX.
4) Methodik d. physiol. Experim. 1876 u. Thèse pour le doctorat. Paris 1878.

Druck der Klinge durchtrennt. Die Folgen treten sogleich auf: Rollungen um die Längsachse des Körpers nach der verletzten Seite hin, stark ausgeprägte Augenablenkung nebst starkem Nystagmus und unbedeutende Pupillenerweiterung auf der unverletzten Seite. Ausserdem wird noch ein eigentümliches Verhalten der Extremitäten beschrieben, welches Bechterew bei allen mit Rollbewegungen behafteten Tieren gleichmässig constatieren kann, „unabhängig davon, ob dieselben durch Verletzung der grauen Substanz des dritten Ventrikels oder der Olivenkörper des verlängerten Markes oder endlich durch Durchtrennung des Nerv. acust. hervorgerufen sind.“ In der Ruhe liegt das Tier in Seitenlage, entsprechend der Seite der Operation.

Nach und nach treten diese Erscheinungen zurück, eine vollständige restitutio der Motilität kann aber nicht constatiert werden. Nach Durchschneidung beider N. acustici werden hauptsächlich allgemeine Störungen des Körpergleichgewichtes beobachtet, ohne das Vorhandensein einer Extremitätenlähmung. Eine Genesung findet sehr selten statt.

Bei einer Wiederholung der Versuche Löwenberg's, Cyon's und Solucha's kommt Bechterew gleichfalls zu den Schlussfolgerungen, dass den nach Durchschneidung der Canäle oder des Acusticus auftretenden Erscheinungen ein reflectorischer Character zukommt und das Vorhandensein der Hemisphaeren (resp. des Bewusstseins) nicht ohne Einfluss auf diese Erscheinungen bleibt, indem dadurch der Effect der Operation selbst gesteigert wird (p. 326). Die Berücksichtigung der Symptome der Menière'schen Krankheit und das Versuchsresultat Hitzig's weist darauf hin, dass das „Schwindelgefühl in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle spielt und aller Wahrscheinlichkeit nach dem zur Fortsetzung der eigentümlichen Bewegungen anregenden Impuls zu Grunde liegt.“ Die nun folgenden theoretischen Betrachtungen Bechterew's lassen seinen Standpunkt dieser Frage gegenüber im oben erwähnten Sinne schärfer hervortreten. —

Gegen die letzte Arbeit Baginsky's betont Eckert[1] das so oft beobachtete Kopfpendeln in der Ebene des verletzten Bogenganges und schliesst sich daher der Theorie des „statischen Sinnes“, als dessen periphere Organe die Bogengänge anzusehen sind, vollkommen an. Er tritt damit sogleich in Discussion mit Kiesselbach[2], der schon in einer früheren Arbeit durch Versuche mit Fischen, bei denen er nach Durchschneidung der halbzirkelförmigen Canäle keinerlei Bewegungsstörungen beobachtet hat, sich gegen die Gleichgewichtsfunction des Labyrinthes aussprach. In seinen jetzigen „Bemerkungen zu Eckerts Arbeit“ ist er der Ansicht, dass die bei Tauben beschriebenen Pendelbewegungen des Kopfes schwerlich durch Gehörsempfindungen verursacht sein dürfen; Schwindel, Nystagmus, Erbrechen und

1) Correspondenzbl. d. Schweizer Aerzte No. 1.
2) Arch. f. Ohrenheilk. XVIII,

Zwangsbewegungen habe er bei seinen Kranken wiederholt beobachtet, niemals jedoch dabei Ohrgeräusche feststellen können. —

Vielfach neue Gesichtspunkte in die uns interessierende Frage hat Delage[1] durch seine Arbeiten gebracht. Die erste weist durch Rotationsversuche nach dem Vorgange von Mach, Tomascewicz u. a. die von vielen Seiten behauptete Function der halbzirkelförmigen Canäle, die unmittelbaren Vermittler des Kopf- und Körpergleichgewichtes, der Raumvorstellungen und der Wahrnehmung der Bewegungen im Raume zu sein, zurück. Er schreibt ihnen lediglich eine „Empfindung der Kopfdrehungen und die reflectorische Auslösung der compensatorischen Augen- und Körperbewegungen" zur Sicherung unseres Gleichgewichtes und der Genauigkeit unserer Muskelleistungen im allgemeinen zu.

Die zweite, umfangreiche Arbeit beschäftigt sich zunächst mit dem Einflusse der Augenbewegungen (Muskelgefühl der Augenmuskeln) bei der Bestimmung der Richtung eines vorher gesehenen Gegenstandes, wenn bei verbundenen Augen eine Drehung des Kopfes stattgefunden hat. Fernerhin werden die „statischen Illusionen" bei veränderter Stellung des ganzen Körpers betrachtet. Und zum Schlusse werden nach dem Vorgange von Purkinje, Mach, Tomascewicz u. a. Versuche über „dynamische Illusionen" d. h. über Empfindungen bei Rotation und Translation angestellt. Der Sitz dieser Empfindungen wird in teilweiser Uebereinstimmung mit den genannten Autoren in den Kopf verlegt und zwar in die Bogengänge und Vorhofsäckchen, von denen aus reflectorisch die Augenbewegungen ausgelöst werden. „Der Bogengangapparat hat demnach ausser der Rotationsempfindung die Function reactive compensatorische Bewegungen zur Erhaltung des Gleichgewichtes auszulösen."

Viguier[2] teilt in kurzen Bemerkungen mit, dass er über denselben Gegenstand schon früher Beobachtungen angestellt habe, ebenso Steiner.[3] Letzterer spricht sich aber entgegengesetzt aus, er hat nach Exstirpation des ganzen Labyrinthes bei Haien keinerlei Bewegungsstörungen beobachtet. Daher spricht er den halbzirkelförmigen Canälen die Bedeutung von Endorganen zur Vermittelung von Raumgefühlen im Sinne von Delage vollkommen ab. —

Da Baginsky die Ansicht geäussert hat, der Zeitpunkt sei gekommen, die Lehre vom statischen Sinne in den Bogengängen ein für allemal aufzuheben, so sieht sich Breuer, der den ersten Vorschlag gemacht hat, das Ohrlabyrinth seiner Function nach als „statischen Sinn" aufzufassen, zu der Mitteilung neuer Versuche[4] an den Ohrbogengängen veranlasst. Um eine isolierte Reizung der frei präparierten, aber völlig unverletzten knöchernen Ampullen zu ermöglichen

1) Compt. rend. T. 103. — Arch. d. zool. expér. IV.
2) Compt. rend. CIV.
3) Compt. rend. CIV.
4) Pflüg. Arch. XLIV.

wird von ihm folgendes Verfahren eingeschlagen: mit Pincetten und Excavatoren wird das spongiöse Knochengewebe zwischen den Bogengängen und Ampullen entfernt, wobei jegliche Blutung zu vermeiden ist. Die Narcose (Schwefeläther) ist erforderlich. Die Richtung der resultierenden Kopfbewegungen kann durch auf den Kopf geklebte, rechtwinklig geknickte Streifchen Kartenpapier deutlicher gemacht werden. Die Operation geschieht links.

A. Thermische Reizung: ihrer Lage wegen wird die frontale Ampulle mit Eiswasser, die übrigen mit stark abgekühlten Instrumenten gereizt.

a) Reizung der frontalen Ampulle: oscillierende Neigung des Kopfes („Bewegung um eine horizontale Achse") nach links hinten oder rechts vorne — den gleichen Effect hat die instrumentelle Reizung des frontalen Canales.

b) Reizung der Unterfläche der Horizontal-Ampulle: Kopfwendung („horizontale Drehung") nach links oder nach rechts.

c) Reizung der Unterfläche der Sagittal-Ampulle: oscillierende Kopfneigung nach links vorne oder rechts rückwärts.

„Von jeder Ampulle aus kann also bei völlig intakten Knochengehäuse die Kopfbewegung in der Ebene des zugehörigen Canales ausgelöst werden, und zwar bald nach der operierten, bald nach der intakten Seite hin. Diese Bewegungen sind völlig unzweifelhaft und unzweideutig." Durchaus analog den Folgen der Kältereizung sind die Wirkungen der Anwendung des Galvanocauterdrahtes — letztere sind nur von grosser Intensität.

In einer früheren Arbeit[1] hat es Breuer als wahrscheinlich bezeichnet, dass „von den Nervenendigungen jeder Ampulle ein Teil durch die Lymphbewegung in der einen Richtung, der andere durch die entgegengesetzte erregt werde", seine Beobachtungen bei Reizung der Horizontalampullen-Unterfläche zeigen ihm ausserdem, dass „Reizung der vorderen Hälfte der Ampulle Bewegung nach der anderen Kopfseite, Reizung der hinteren Hälfte Wendung nach der gereizten Kopfseite hervorruft."

B. Electrische Reizung: mit dieser schwierigen Aufgabe hat sich Breuer schon einmal beschäftigt, jedoch ohne constante Resultate zu erhalten.[2] Nach ihm hat Spamer aus seinen Versuchsresultaten auf eine specifische Wirkung der Reizung eines Canales geschlossen. Die bekannten Beobachtungen von Brenner, Hitzig u. v. a. bei percutaner Durchleitung des Kopfes oder Körpers werden bestätigt und speciell die Kopfneigung der Tauben „diffuse Reaction" bezeichnet. Spamer hat schon beobachtet, dass eine directe Durchströmung des blossgelegten Kleinhirns eine bedeutend grössere Stromstärke erfordert, um irgend welche Erscheinungen hervorzurufen. Breuer präpariert

1) Mediz. Jahrb. 1875.
2) Mediz. Jahrb. 1874.

die spongiöse Substanz innerhalb des Bogens des Sagittalcanals frei bis das Kleinhirn durchschimmert, sticht eine Electrodennadel 2 bis 3 mm tief in die Kleinhirnsubstanz ein und appliciert eine breite Plattenelectrode (Anode) am Bauche: während nun bei schwachen Strömen keine Kopfneigung mehr erfolgt, so erzielt die Berührung des Bogengangkreuzes noch eine deutliche Reaction. Es sei demnach sicher, dass bei schwachen Strömen die Schwindelerscheinungen nicht von Stromschleifen im Cerebellum, sondern von electrischer Reizung des Vestibulums abhängen (p. 144).

Die isolierte Reizung der einzelnen Ampullen mit constantem Strome und eingeschalteten Rheostaten erfordert für jede eine besondere Anordnung. Als günstigste Anordnung findet er für die Frontalampulle: Kathode am peripheren Teile der Ampulle, Anode am aufsteigenden Aste des frontalen Ganges; für die Horizontalampulle: Anode an der vorderen Hälfte der Ampulle, Kathode an der vorderen Kante des horizontalen Canales; und für die Sagittalampulle: Kathode dem vordersten Teile der Ampulle, Anode dem aufsteigenden Aste des sagittalen Canales anliegend. Wenn nun von dem Auftreten der „diffusen Reactionen“ abgesehen wird, so hat Breuer bei jeder Reizung die specifische Reaction gesehen. Er schliesst demnach, dass die Einrede definitiv aufzugeben sei, es handle sich bei den von den Bogengängen aus verursachten Bewegungserscheinungen um Reizung des Kleinhirns. „Die Erscheinungen des galvanischen Schwindels erscheinen unter Verhältnissen, welche die Beteiligung von Stromschleifen im Gehirn ausschliessen lassen. Der galvanische Schwindel entsteht hauptsächlich durch Reizung des Vestibularapparates.“

C. Mechanische Reizung mit Nadeln und durch Einblasen von feinen Luftströmen. „Die Bewegungen werden bei einigen der Versuche durch Endolymphströmungen hervorgerufen, deren Richtung die Richtung der Kopfbewegungen bestimmt in der von der Theorie geforderten Weise.“

Aus eigenen Versuchen und den Mitteilungen von Hasse zieht Brückner[1] den Schluss, dass ein Teil des Labyrinthes nur Töne, der andere nur Geräusche zum Sensorium leitet. Und zwar teilt er mit Baginsky der Schnecke die Function zu, die Töne zum Sensorium zu leiten, während den Bogengängen die Geräuschperception zufällt. In der Betrachtung der Bogengänge und ihrer aus dem Aufbaue zu erschliessenden Function lehnt er sich vollkommen an Malinims[2] Mitteilungen an. —

Um möglichst übereinstimmende Versuchstiere zu haben, operiert Ewald[3] nur an Tauben, Sperlingen, Schwalben, Raben, Hühnern und Gänsen. Seine Operationsmethode schildert er sehr eingehend, da es ihm vor allen Dingen darauf ankommt, genau die gleiche Verletzung

1) Virch. Arch. CXIV 1888.
2) Centralblatt 1866 No. 43.
3) Pflüg. Arch. XLI.

herbeizuführen, dieselbe geschieht an den beiden „externi“. Um nun bei der Durchtrennung der häutigen Canäle Zerrungen zu vermeiden, giebt Ewald ein neues Trennungsinstrument an: eine feine glatte Pincette ohne Zähnelung ist an den Enden zu einem möglichst scharfen Meissel zugeschliffen. Er findet alsdann, dass nach gleicher Verletzung an den Bögen die darauf eintretenden Störungen bei den Vögeln desto grösser sind, je schwerer es für die verschiedenen Tiere bei Ausübung der beobachteten Bewegungsform normaler Weise ist, das Gleichgewicht zu behaupten und je feiner sie daher ihre Muskelbewegungen dabei abstufen. Illustriert sind die Resultate durch eine Tabelle der Störungen bei den einzelnen Versuchstieren. Je feiner normaler Weise die Regulierung der Muskelbewegung ist, desto grössere Störungen treten nach Verletzung der Bögen auf. Diese Wahrnehmung scheint die Goltz'sche Theorie des statischen Sinnesorganes zu bestätigen, jedoch nur dann, „wenn man die eintretenden Störungen ganz oder auch nur teilweise als Ausfallserscheinung auffasst. Denn sind es nur Reizerscheinungen, so können ja die Ausfallserscheinungen, die doch in letzter Instanz allein massgebend sind, ganz anderer Natur sein.“ Die „wahren Ausfallserscheinungen“ bestehen hauptsächlich in einer Abnahme der absoluten Kraftäusserung aller quergestreiften Muskeln. Trotzdem werden die oben geschilderten, mit so constanter Regelmässigkeit auftretenden Reizerscheinungen zur Erklärung der Functionen der Bögen nicht entbehrt werden können. —

Das nächste Jahr bringt eine Art Fortsetzung[1] dieser Arbeit. Es sind Beobachtungen und Versuche über die Perilymphe angestellt. Unter gewissen Bedingungen kann man nach Eröffnung eines knöchernen Bogenganges bei Tauben eine bestimmte Art Bewegung der Perilymphe erkennen, die nach manchen Autoren (Cyon) vom Pulsieren der im häutigen Bogengange verlaufenden Blutgefässe herrühren soll. Da Ewald kein zeitliches Zusammenfallen der Schwankungen mit den Herztönen bemerken kann, dagegen auf's deutlichste bei der Inspiration das Niveau der Perilymphe steigen, bei der Exspiration sinken sieht, so schliesst er, dass es von der Atmung abhängige Schwankungen seien: ein Versuch, bei dem nach Compression der Trachea ein Aufhören der Schwankungen constatiert wird, gilt als Beweis für die richtige Deutung. Späterhin aber lassen genauere öfters wiederholte Beobachtungen, dass einmal diese Schwankungen ganz fehlen, das Niveau also constant bleibt, dann aber merkwürdigerweise plötzlich eine Anzahl (3—5) schnell folgender Schwankungen eintreten, welche wohl den früheren Beobachtern die fortgeleiteten arteriellen Schwankungen vorgetäuscht haben können, als ursächliches Moment hierfür die Bewegungen des Unterkiefers erkennen. Passive Bewegungen desselben können die Perilymphe beliebig zum Steigen oder Fallen bringen, und zwar wird diese Druckerhöhung auf rein mechanischem Wege von den Unterkieferbewegungen auf Zerrungen des Trommel-

1) Pflüg. Arch. XLIV.

fells und von diesem auf die Columella und schliesslich auf die Perilymphe selbst übertragen. Die Durchschneidung der Columella bestätigt die Ansicht, die Schwankungen bleiben aus. Der Einfluss dieser Schwankungen auf die Endolymphe ist für unsere Fragen nicht gleichgiltig. Nach Ewald findet, da alle Ampullen gleichzeitig betroffen werden, im Goltzschen Sinne keine Druckveränderung statt, insofern dieselbe ein Reizmoment abgehen könne. Ausserdem mache die relative Langsamkeit der Bewegungen das Zustandekommen einer Gehörsempfindung unwahrscheinlich.

Nachdem Ewald bereits in früheren Arbeiten nach Läsion oder Exstirpation des „Utricularapparates" auf beiden Seiten eine sehr merkwürdige Schwäche der quergestreiften Musculatur des ganzen Körpers beobachtet hat (vgl. Spamer), berichtet er nunmehr in einer Reihe von Mitteilungen[1] über die interessanten Folgen einer einseitigen (stets rechts) Totalexstirpation des Utriculus, der drei Ampullen und der drei Bogengänge und Ausfüllung des Defects durch eine Platinamalgamplombe. Die Störungen unmittelbar nach der Operation bleiben annähernd in gleicher Weise auch später bestehen. Dagegen zeigt sich bei abwechselnder Belastung der Füsse des fixierten Tieres, dass auf der rechten Seite ein Gewicht von 50—100g genügt, um den Fuss zu strecken, links dagegen keineswegs. Wird dann durch Zug die Last vermehrt, so streckt sich der linke Fuss zwar auch, hebt aber beim Nachlassen des Zuges das Gewicht wieder mit empor. Dieselben Beobachtungen können bei Beugung gemacht werden. Ein Unterschied in der Kraftäusserung lässt sich sich auch an den Flügeln der Tiere nachweisen und an der Halsmusculatur nach passiver Verdrehung.

In derselben Zeitschrift findet sich der Schluss der eben besprochenen Arbeiten. Die Beobachtungen von rechtsseitiger Muskelschwäche in Bein, Flügel und Hals werden nicht nur bestätigt, sondern auch auf motorische Störungen bei den Kau- und Zungenbewegungen, beim Lidschlage und bei den Stimmäusserungen ausgedehnt. Dass gleichzeitig auch eine Verminderung der Fähigkeit diese Muskeln willkürlich in Bewegung zu setzen stattgefunden hat, schliesst Ewald einmal aus dem verschiedenen Widerstande, den das Tier gegen seitliche Verschiebungen auf einer glatten, ebenen Fläche leistet (cf. Curschmann). Denn während links ein kräftiges Anstemmen stattfindet, bleibt das rechte Bein unbeweglich bis die Gefahr des seitlichen Umfallens nach rechts droht. Der nun eintretende schnelle Schritt nach rechts soll reflectorisch ausgeführt sein. Ferner aus den Beobachtungen bei Balancierversuchen, wenn die Füsse des Tieres auf je eine von zwei ausziehbaren Röhren gesetzt und die Tiere in unbequeme Stellungen gebracht sind. Ruht die Körperlast ungefähr auf beiden Beinen gleichmässig, so wird immer nur das linke Bein an das rechte heranbewegt, nie umgekehrt.

---

1) Centralblatt f. mediz. Wiss. 1890.

Störungen der Haut- oder Muskelsensibilität sind nicht nachgewiesen. Die Erhaltung des Gleichgewichts geschieht ganz normal. Die nach links erfolgenden Reactionen auf Drehscheibenversuche fallen schwächer aus. Ewald kommt also zu dem Schlusse, dass es nach Zerstörung der Bögen auf einer Seite stärkerer Innervationsimpulse zum Zustande kommen einer willkürlichen Bewegung der Musculatur auf derselben Seite bedarf und zugleich die absolute Kraft der Muskeln auf der operierten Seite bedeutend verringert ist. Es treten infolgedessen Ausfallserscheinungen auf, die als Schädigung des normalen Gebrauches der quergestreiften Musculatur infolge eines Fortfalles der normalerweise beständig von dem Ohrlabyrinthe ausgehenden sensiblen Reizen angesprochen werden müssen.

An dieser Stelle soll noch einer Mitteilung[1] von Ewald gedacht werden, welche eine „Totalexstirpation des gesamten inneren Ohres ohne jede Blutung noch Nebenverletzung“ nach einer Methode, die nicht angegeben ist, in ihren Folgen schildert. Weder bei einseitiger noch bei doppelseitiger Operation tritt das oft beschriebene Wackeln mit dem Kopfe ein. An den Tieren werden nun galvanische Durchströmungen vorgenommen. Während nun sowohl bei Menschen als Tieren bei Schluss des Stromes stets eine Neigung des Kopfes nach der Anodenseite eintritt, bei Tauben schon bei 6 Volt, findet bei Tauben nach beiderseitiger Operation keine Neigung mehr statt, selbst bei 20—25 Volt. Aus bestimmten Anordnungen des Versuches und daraus resultierenden Erscheinungen schliesst Ewald, dass der galvanische Schwindel durch Reizung des inneren Ohres entstehe und dass die Reizung eines Ohres eine Kopfneigung und Spiraldrehung des Halses nach der nicht gereizten Seite bewirke. Endlich soll auch die Reizung auf der Kathodenseite stattfinden, was Ewald aus den Versuchen nach einseitiger Entfernung schliesst.

Die letzte der bisher erschienenen Mitteilungen[2] enthält endlich die überraschende Behauptung, dass der Stamm des N. acusticus durch Schall erregbar sei, mithin zum Hören genüge. —

Im Jahre 1891 sind noch zwei Arbeiten erschienen, welche von unserem Thema handeln. Die erste stammt von Schiff,[3] der schon mehrfach an dieser Frage beteiligt gewesen ist.

Zunächst referiert dieser Autor in grossen Zügen über die Litteratur. Ausser der Arbeit von Goltz werden besonders die Mach'schen Schriften mit grossem Interesse besprochen, weil sie nach Schiff's Meinung unser Problem von der richtigen Seite auffassen. Aber auch die Versuche Brown-Séquard's nötigen ihn der abweichenden Beobachtungen wegen zu kurzem Verweilen.

Sein Operationsverfahren begründet er folgendermassen: da nur durch die N. acustici die Empfindungen und reflectorischen Er-

1) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1890.
2) Berl. Klin. Wochenschr. 1890. Nr. 32.
3) Arch. d. sciens. phys. et natur. XXV. 1891.

regungen der Bogengänge zum Centralnervensysteme gelangen können, so bedeutet eine Durchschneidung dieser Nerven eine vollständige Vernichtung der Function und des Einflusses dieser Canäle. Ausser diesen theoretischen Betrachtungen sind es aber auch practische Vorteile, welche Schiff zur Ausführung der intracraniellen Durchschneidungen führen.

Der erste Abschnitt des experimentellen Teils der Arbeit beschäftigt sich mit Rotationsversuchen an Fröschen. Zur Einleitung benutzt Schiff einige Bemerkungen über die ausführlichen Arbeiten von Steiner[1] und von Anna Tomascewicz. Während nun die erste mit der grössten Anerkennung behandelt wird, verhält sich der Verfasser der zweiten Arbeit etwas kühl gegenüber. Dabei geschieht denn das geradezu Unbegreifliche, dass ein Mann, wie Schiff, als Entschuldigung für die unvollendete Besprechung der Mitteilungen dieser Dame das Fehlen einiger Seiten in seinen beiden Exemplaren verantwortlich machen kann! (p. 206).

Bei Fröschen sieht nun Schiff nach Durchschneidung oder Zerquetschung des N. acust. auf der rechten Seite vor seinem Eintritte in die Gehörblase keine Bewegungsstörungen während der Ruhe. Der Frosch erscheint bei Beobachtung von Weitem ganz normal. Wenn aber das Tier beim Näherkommen lebhafter hüpft, bemerkt Schiff, dass die linke Vorder- und Hinterpfote während des Sprunges ein wenig mehr von der Mittellinie abweicht als die rechte, dass der Kopf etwas nach rechts gehalten wird und dass beim Niederfallen die linke Pfote etwas langsamer angezogen wird. Letzteres Symptom wird nicht immer beobachtet. Nachdem die Wunde verheilt ist, werden Drehversuche mit den Tieren angestellt und dabei folgende Resultate notiert: ist das Tier auf der rechten Seite operiert, so treten bei langsamer Rotation nach links, Kopf radial zur Peripherie: abnorme Körperhaltungen nach rechts auf, zu denen sich bei schnellerem Tempo auch abnorme Körperhaltungen nach rechts gesellen. Die Reaction erfolgt also während der Drehung nach der operierten Seite hin und in einem der Drehung entgegengesetzten Sinne. Nach der Rotation ist keine Spur einer Reaction vorhanden.

Ganz anders bei Drehung nach rechts: der Frosch bleibt ohne jede Bewegung;. wird jedoch die Drehung verlangsamt oder aufgehoben, so dreht sich der Frosch mehrmals nach rechts. Bei Umkehrung der Verhältnisse ergeben sich entsprechende Umkehrungen der Reactionen.[2]

Die Balancierversuche zeigen gleichfalls ein abnormes Verhalten der Tiere; diese Erscheinungen sprechen nach Schiff's Ansicht ganz besonders gegen die hypothetische Function der Bogengänge die Schallrichtung zu percipieren.

---

1) Untersuchungen über die Physiologie des Froschhirns. Braunschweig 1885.

2) Anm.: Schrader hat beobachtet, dass Frösche, denen das Labyrinth beiderseitig zerstört ist, auf der Drehscheibe gar nicht reagieren. Sie bleiben ruhig sitzen, weder Kopf noch Rumpf zeigt irgend eine Bewegung. Pflüg. Arch. 41 p. 87.

Es liegt ferner kein Grund vor die Drehschwindelerscheinungen und die Bewegungsstörungen nach Bogengangverletzung zu trennen. Die beschriebenen Schwindelerscheinungen seien die Folgen einer Paralyse des N. acusticus. Die Drehschwindelbewegung nach links fehlt nach einer Paralyse des rechten Nerven. Die Bewegung müsse demnach durch die Thätigkeit eines Organes hervorgerufen sein, welches von diesem Nerven abhängt d. h. vom Labyrinthe, denn es sei erwiesen, dass allein die Schnecke als Gehörorgan diene. Die Erregung des Labyrinthes findet nach Schiff reflectorisch statt wie die der Sinnesorgane, und zwar durch die Endolymphe im Sinne von Mach, Breuer und Crum-Brown.

Die Körperbewegungen, welche durch eine centripetale Erregung des Labyrinthes oder seiner Nerven entstehen, sind Abwehrbewegungen, darauf gerichtet die innerliche Vorstellung einer Bewegung im entgegengesetzten Sinne zu bekämpfen. Wie jede Bewegung des Kopfes, so wird jede künstliche Reizung der Labyrinthnerven Empfindungen erzeugen, welche von Abwehrbewegungen gefolgt sind. Fällt nun die Reizung mit einer partiellen Nervenzerstückelung zusammen, so werden die positiven oder negativen Kreuzungen der Empfindungen in den zuweilen höchst eigentümlichen Bewegungen des Tieres ihren Ausdruck finden.

Durch Betrachtungen, die Schiff über die mechanischen Erregungsvorgänge im Labyrinthe und über die Resultate experimenteller Forschungen anstellt, gelangt er dahin, für jeden der 6 Canäle eine specifische Function anzunehmen. Wenn bei Fröschen und Vögeln der einseitige Labyrinthverlust nach dem Reizstadium nur sehr schwache Folgen hat, wenn bei den Säugetieren diese Verluste so schwach wirken, dass man sie bis jetzt nicht erkannt hat, so existieren sie doch und ihre Folgen bleiben bestehen, jedenfalls tritt keine Compensation durch die Organe der anderen Seite ein. Die Durchschneidung des zweiten Acusticus stellt die Symmetrie der Haltung und Bewegung des Tieres ziemlich vollständig wieder her.

Die Versuche an Kaninchen und Hunden werden in Narcose ausgeführt. Die Facialislähmung zeigt die Vollendung der Operation an. Die Wiederkehr des Bewusstseins beginnt mit nystagmischen Augenbewegungen und Strabismus obliquus. Dann treten Bewegungen des Kopfes und der Wirbelsäule ein. Es folgen einige Rollbewegungen um die Längsachse, die bald in die entgegengesetzte Richtung umschlagen. Im ganzen treten innerhalb 12—50 Minuten fast sämtliche Störungen zurück. Das Tier erholt sich, beginnt zu laufen und ist Herr über alle Bewegungen geworden — alle Erscheinungen seien demnach als Folgen einer traumatischen Reizung des centralen Nervenstumpfes aufzufassen. Ausser vollkommener Taubheit ist das Tier vollkommen normal.

Diese Beobachtungen hat Schiff lange Zeit, bis zu 9 Monaten, fortgesetzt, die Autopsie hat nie eine Verletzung der Centra ergeben. Operierte Tiere zeigen auch keine Drehungen um die Längsachse in

horizontaler Richtung bei Rotationsversuchen. Die durch schnelle Umdrehungen etwa erzeugten Congestionen nach dem Kopfe hin, welche durch Druck auf die Nerven der Muskelsensibilität gewisse Empfindungen erzeugen können, will Schiff ausgeschlossen wissen. Er erkennt ihre Existenz nicht an. Es giebt nach Schiff also keinen Grund, warum eine solche Rotation keine Wirkung habe, ausser der Hörnervendurchschneidung.

Zur Einleitung in die Besprechung der letzten Arbeit sollen einige Worte über den Standpunkt Steiner's[1] in dieser Frage zum Vergleiche dienen. Steiner's Versuche erstrecken sich auf mehrere Haifischsorten; bei diesen Tieren sollen sehr günstige Versuchsbedingungen vorhanden sein.

Bei einseitiger „tadelloser" Abtragung aller 3 Canäle samt ihren Ampullen kann dieser Forscher nicht die geringste Bewegungsstörung beobachten — ebensowenig bei gleichfalls „tadelloser" Entfernung aller 6 Canäle. Werden jedoch (nach einseitiger Entfernung der Canäle) die im Vorhofe gelegenen deutlich sichtbaren weissen Kalkkörperchen entfernt oder nur zu entfernen gesucht, so hat Steiner ausnahmslos Störungen beobachtet, welche in der Regel Rollbewegungen nach der Seite der Operation sind. In diesen Resultaten und auch in einigen noch folgenden Beobachtungen stimmt Steiner mit H. Sewall[2] überein.

Bei der Analyse der Versuche gelangt Steiner zu dem Schlusse, dass „die halbzirkelförmigen Canäle der Haifische sowenig wie der N. acusticus zu den Bewegungen resp. deren Gleichgewicht in irgend welcher unmittelbaren Beziehung stehen."

Die nach mechanischem Angriffe des Vorhofinhaltes (Stamm oder Ausbreitung des N. acust.) sich entwickelnden Störungen sind als eine Wirkung der sich bis auf die centrale Ursprungsstelle im Nackenmarke ausbreitenden Reizung (durch Zerrung) anzusehen. Dass eine solche centrale Reizung statt haben muss, beweise das gewöhnlich mit den mit Störungen verknüpften Läsionen verbundene Augenzwinkern, welches Steiner nach den Untersuchungen Schwalbe's[3] aus Mitleidenschaft des N. facialis erklärt, welcher bei Haifischen einen sensiblen Zweig zum R. ophthalm. superf. als portio Trigemin. (P. minor Schw.) sendet.

Fast gerade die entgegengesetzte Ansicht hat nun Loeb.[4] Derselbe experimentiert gleichfalls an Haifischen und folgert aus seinen Versuchen, dass die als Gleichgewichtscentra bezeichneten Gehirnteile ihre Bedeutung für die Zwangsbewegungen und Zwangslagen lediglich dem Umstande verdanken, dass sie Bestandteile des Hörnerven enthalten.

---

1) Die Functionen des Centralnervensystems u. ihre Phylogenese. II. Abt. Die Fische. Braunschweig 1888.
2) Journ. of physiol. IV.
3) Das Ganglion Oculomotorii. Jen. Zeitschr. XIII.
4) Pflüg. Arch. 50.

Zunächst stimmen Loeb und Steiner mit den Ergebnissen derjenigen Versuche, welche sich auf eine einseitige Läsion der Medulla erstrecken vollständig überein: Rollbewegungen nach der verletzten Seite, dazu eine associierte Stellungsänderung der Augen und der Bauchflosse. Dagegen sind die Mitteilungen Loeb's über Beobachtungen nach einseitiger Hörnervendurchschneidung: permanente Rollbewegungen um die Längsachse nach der verletzten Seite, dabei Neigung vertical nach oben zu schwimmen, Kreisbewegungen, Reitbahnbewegungen, Störungen in der Augen- und Extremitätenstellung etc.; nach Steiner: keinerlei Erscheinungen — diese Differenzen sind um so unbegreiflicher, weil beide Forscher auf die Leichtigkeit einer „tadellosen" Ausführung der Operation nachdrücklich hinweisen.

Loeb sucht nun seinen Satz durch Versuche mit halbseitigen Durchschneidungen des Nackenmarkes vor oder hinter der Hörnerveneintrittsstelle oder des Mittelhornes in Verbindung mit ein- oder doppelseitiger Hörnervendurchschneidung zu begründen. Die Störungen findet er stets nach der Seite hin, wo die Acusticusläsion stattgefunden hat.

Mit Rücksicht auf seine frühere Arbeit über Geotropismus bei Tieren (Pflüg. Arch. 49.), wonach die normalen geotropischen Orientierungsbewegungen beim Haifisch im Ohre ausgelöst werden sollen, wird ferner zu erweisen gesucht, dass die nach obigen Operationen resultierenden Störungen als Orientierungsstörungen anzusehen sind. Die für die erwähnten Versuchsresultate charakteristischen, associierten und zwar gleichsinnigen Stellungsänderungen der Bulbi und Brustflossen beweisen nach Loeb, dass der N. acusticus mit den Muskeln beider Bulbi und Brustflossen zusammenhängt, zwar nicht mit den gleichnamigen Muskeln symmetrischer Organe, sondern mit den antagonistischen Muskeln in demselbem Sinne." Ewald's Beobachtungen über das Schlafferwerden der Muskeln der gekreuzten Extremitäten nach einseitiger Labyrinthexstirpation kann Loeb nicht beistimmen, seine Versuche fordern andere Schlüsse. Er stürzt sich auf Bechterew's Versuchsresultate an Hunden und kommt zu dem Schlusse, dass „auf Grund dieser Thatsachen und auf Grund der Beobachtungen über die normalen Beziehungen des Ohres zu den associierten Bewegungen nach einer einseitigen Acusticusdurchschneidung bei den meisten Tieren associierte Stellungsänderungen der Glieder und diesen entsprechende Spannungsänderungen der Muskeln auftreten."

Die vorstehenden Litteraturangaben werden genugsam darüber aufgeklärt haben, welche Folgen die Angaben Flourens' im Verlaufe der letzten zwanzig Jahre für unser Thema gehabt haben. Mit der Hypothese von Goltz ist eine ungeahnte Regsamkeit auf diesem Gebiete der Physiologie erwacht. Ein wesentlicher Fortschritt ist sicherlich durch die Verfeinerung der Operationsmethoden und die Anwendung von Antisepticis bei der Ausführung derselben gewonnen. Der

Zweck vorliegender Arbeit ist nun nicht darin zu suchen von neuem eine erschöpfende experimentelle Behandlung der Bogengangfrage geliefert zu haben; es genüge den viel bestrittenen Einfluss der Bogengänge auf die Bewegungen des Kopfes und secundär des Körpers bei Tauben durch das später zu besprechende Sondierungsverfahren nachgewiesen und einige Einwürfe beseitigt zu haben, die von beachtenswerter Seite gegen gewisse unbeabsichtigte oder notwendige Nebenverletzungen erhoben sind: es sind damit vor allem die Blutungen aus den Sinus und das Abfliessen der Cerebrospinalflüssigkeit und die sich daraus entwickelnden Folgeerscheinungen gemeint.

Bei den Versuchen ist zumeist genau nach den Angaben Cyon's[1] unter Anwendung der Chloroform-Aether- ($\widehat{aa}$) Narkose operiert worden. Die Tiere verhalten sich dabei ganz überraschend ruhig, auch wenn die an und für sich leichten Narcoseerscheinungen längst vorüber sind. Abänderungen, die zu manchen Versuchen für notwendig erachtet worden sind, sollen bei der Angabe dieser Operationen näher berücksichtigt werden. Es ist dann noch hier zu bemerken, dass der Vorschlag Spamer's die Nomenclatur betreffend, in vorliegender Arbeit zunächst angenommen ist. Es sind demnach der „sagittale" Bogengang als der „Längsverticalcanal (L. V. C.)" und der „frontale" Bogengang als der „Querverticalcanal (Q. V. C.)" bezeichnet worden. Eine Abänderung der Bezeichnung des horizontalen (H. C.) ist weder gefordert noch überhaupt erforderlich gewesen.

I.

A. Durchschneidungsversuche.

Hier noch des Weiteren auf Durchschneidungsversuche zurückzukommen, halte ich für völlig überflüssig. Es steht genugsam in der Litteratur fest, welche Folgen eine „reine" Bogengangdurchschneidung hat. In dieser Beziehung ist nur der zahlreichen Versuche Spamer's u. v. a. Forscher zu gedenken. Mit Spamer's Resultaten stimmen die meinigen bis auf ganz geringe Differenzen bei den Beobachtungen überein. Nach einseitiger Durchschneidung eines Bogenganges (am 19. I. 92) ist nur leichtes Pendeln (eigentlich nur mehrere schüttelnde Kopfbewegungen) in der Ebene des verletzten Canales und eine Neigung nach dieser Seite Umdrehungen (Bogenlaufen, Kreisbewegungen) auszuführen beobachtet worden. Das Tier macht den Eindruck, als ob es von leichtem Schwindel befallen sei.

Deutlicher sind die Erscheinungen, wenn auf einer Seite mehrere Canäle (am 14. I. 92 und 21. I. 92) verletzt sind. Besonders die Umdrehungen und Kreisbewegungen nach der operierten Seite hin sind ausgesprochener. Während nun die Erscheinungen nach einfachen Verletzungen sehr bald verschwinden, habe ich im zweiten Falle noch nach Wochen Spuren gesehen.

---

1) l. c.

Wird kurze Zeit hintereinander (innerhalb 3 Tage) zu einer einseitigen einfachen Bogengangsdurchschneidung eine doppelte auf der anderen Seite hinzugefügt (rechts: Q. V. C. und links: Q. V. C. und H. C. am 19. I. 92 und 21. I. 92), so treten zu der anfänglich leichten Bewegungsstörung, die das Tier schon ziemlich sicher vor der zweiten Operation beherrscht, sehr turbulente Bewegungen sowohl nach rechts wie nach links hinzu. Hat das Tier mühsam durch Beinspreitzen und Ausbreiten der Flügel das Gleichgewicht wieder erlangt, dann treten höchst merkwürdige Kopfhaltungen nach hinten (Ueberstreckungen ad max.) auf, die sich bis zum Ueberschlagen nach dieser Richtung steigern. Bereits nach mehreren Stunden (3) hat sich aber das Verhalten bedeutend gebessert. Der Gang ist taumelnd (schwindlig), es besteht eine Neigung nach den Seiten zu fallen. Etwaige Gleichgewichtsverluste werden jedoch rasch compensiert. Beim Fressen treten allerlei sonderbare Bewegungen des Kopfes auf: nickende Bewegungen in der Medianebene mit Auf- und Abschwanken des ganzen Oberkörpers. Erbsen und Wasser werden nur mühsam unter derartigen Bewegungen erreicht. Diese Erscheinungen verschwinden nur ganz allmählich, selbst nach 6—8 Wochen sind sie noch in Spuren vorhanden, deutlicher nach der Seite der ausgedehnteren Verletzung hin.

B. Electrische Reizversuche.

Mit diesen Versuchen verhält es sich ähnlich wie mit den eben skizzierten Durchschneidungen. Die umfassendste Ausführung electrischer Reizungen der Bogengänge hat bis jetzt Breuer angestellt. Hier seien nur kurz Versuche erwähnt, die unter Berücksichtigung seiner Vorschriften lediglich zur Prüfung der Angaben, dass die Richtung der Kopfbewegungen den Ebenen der gereizten Bogengänge entspreche, angestellt sind. Die Operation verläuft in der geforderten Weise ohne Blutung und ohne Nebenverletzungen. Die Nadelelectroden werden stets so angelegt, dass das Bogengangkreuz sich zwischen ihnen befindet. Die Beobachtungen vom 1. II. 92 und 6. II. 92 zeigen am horizontalen Bogengange der rechten Seite bei Stromdurchleitung von vorn nach hinten: leichtes Pendeln um die Längsachse und Neigung des Kopfes nach links. Bei Umkehrung des Stromes: schwache oder keine pendelnde Bewegung und Neigung nach rechts. Am Querverticalcanale derselben Seite ergiebt die Stromdurchleitung von unten nach oben: Neigung des Kopfes nach rechts, bei Umkehr der Stromrichtung nach links.

Auffallend bleibt bei den bisherigen Versuchen, dass das vielgenannte Pendeln in der Ebene des verletzten Bogenganges bisher nie recht zum Ausdruck gekommen ist. Auf den Rat von Herrn Professor Bernstein bin ich nunmehr unter seiner Aufsicht zu folgender Aenderung der Versuche geschritten:

C. Sondierungen der Bogengänge.

Zur Einleitung ist zu bemerken, dass sämtliche Sondierungsoperationen als „reine“ im Sinne der Litteraturangaben zu betrachten sind. Nach vorsichtiger Freilegung der zu sondierenden Bogengänge geschieht ihre Eröffnung mit einer feinen Microscopiernadel, die Erweiterung der punktförmigen Oeffnung mit einer Staarnadel. Als Sonden dienen gut desinficierte schwarze Rosshaare,[1] die dem Caliber der Canäle entsprechend gewählt werden. Die Längen derselben sind nur in den Fällen angegeben, wo längere Beobachtungen eine Entfernung oder Wiedereinführung wünschenswert erscheinen lassen. Bei den Fällen, wo die Beobachtung nur einen Tag währte, sind die Sonden behufs späterer Weiterverwendung liegen geblieben, ihre Länge ist nach ihrer Lage in den Canälen gezeichnet. Die Sectionen haben in keinem Falle eine macroscopisch sichtbare Veränderung der benachbarten Hirnteile ergeben.

a) Sondierungen der beiden L. V. C.

Am 13. IV. 92 werden einer vollkommen normalen Taube die beiden L. V. C. frei präpariert. Die Muskelinsertionen längs der crista occipit. ext. werden geschont. Unmittelbar über der von Cyon angegebenen als feiner weisser Streifen sichtbaren Trennung der beiden Nackenmuskeln wird das spongiöse Knochengewebe entfernt und allmählich bis auf die Canäle vorgedrungen. Auf diese Weise befindet man sich oberhalb des durch die vielen Blutgefässe gefährdeten Terrains und operiert ohne jede Blutung noch Muskelverletzung. Die Eröffnung geschieht unter grösster Vorsicht nach oben angegebener Weise etwa 3 mm von den entsprechenden Ampullen entfernt, die Sonden werden in der von den Ampullen entfernten Richtung eingeführt. Nach der Sondierung des linken Canales tritt leichtes Pendeln in der Ebene dieses Bogenganges ein. Durch die sofort folgende Sondierung des rechten Bogenganges wächst beiderseitig die Intensität der Pendelbewegungen, welche bei Betrachtung von oben in ihrer Gesamterscheinung eine auffallende Aehnlichkeit mit der Form einer stehenden 8 haben. Allmählich ändern sich beide Pendelrichtungen, indem der Kopf nunmehr gewissermassen in der Resultante beider Richtungen d. h. in der Medianebene heftig auf und ab bewegt wird. Diese Aenderung tritt wie gesagt allmählich ein, es kommen aber noch Bewegungen in beiden Canalrichtungen präcis zum Vorschein. Wird das Tier auf den Boden gesetzt, so tritt bei willkürlichen Körperbewegungen sofort ein Niederstürzen nach vorn über ein, das Tier kann sich zunächst nicht in die normale Haltung zurückbringen.

---

1) Anm.: Der erste Sondierungsversuch konnte hier nicht berücksichtigt werden. Trotzdem dazu sehr feiner Messingdraht verwendet wurde, trat dennoch Perforation und sofortiger Tod des Tieres ein. Die Section zeigte deutlich die Perforationsstelle. Eine umfangreiche Blutung erstreckte sich über Kleinhirn und Med. oblongata.

Es schiebt mit der Stirn auf dem Boden vorwärts und zeigt dabei eine Neigung leichte Drehungen nach rechts oder links zu vollführen. In die normale Haltung zurückgebracht wird dieselbe nur mit Mühe durch Flügelausbreiten, Beinspreitzen und Aufstützen auf den fächerartig entfalteten Schwanz erhalten. Gegen die durch die Canalrichtungen bestimmten Kopfbewegungen findet das Tier auf diese Weise Schutz. Die Pendelbewegungen in der Medianebene bewirken dagegen, da sie gewissermassen eine Summation der beiderseitigen Reizungen vorstellen, stets das beschriebene Vornüberstürzen.

Nachmittags und am anderen Morgen bestehen die Erscheinungen fort in gleicher Intensität. Die Section ergiebt keinerlei makroscopisch sichtbare Veränderungen im Gehirn. Die Sonden sind beiderseitig durch die ganze Länge des Canales geführt bis zu den Vereinigungsstellen der L. V. C. mit den H. C. Sie scheinen deutlich durch die Canäle hindurch.

Derselbe Versuch wird am 2. V. 92 mit den gleichen Folgeerscheinungen ausgeführt.

Es ist vielleicht ganz interessant auch über eine länger dauernde Beobachtung etwas zu erfahren. Am 17. III. 92 wird unter denselben Vorbedingungen einer Taube eine Sonde in den rechten L. V. C. eingeführt. Es treten sofort lebhafte Reactionen ein: starkes Pendeln in der Ebene des Ganges, Kreisbewegungen und Niederstürzen nach rechts. In Ruhe lässt sich eine beträchtliche Verminderung der Erscheinungen erkennen. Das Tier wird des heftigen Kopfpendelns bei willkürlichen Bewegungen halber zunächst gefüttert. Zwei Tage nachher, am 19. III. 92, wird die Sonde entfernt, ihre Länge im Canal beträgt etwa 11—12 mm. Die Erscheinungen zeigen eine beträchtliche Verminderung ihrer Intensität. Deutlich werden sie bei spontanen Bewegungen, steigern sich dann von neuem bis zu Kreisbewegungen nach rechts mit Neigung nach vorn über zu stürzen. Am 21. III. 92 wird die entsprechende Operation links ausgeführt. Jetzt tritt abwechselnd Pendeln in beiden Ebenen auf. Die Kreisbewegungen finden sowohl nach rechts wie nach links statt, dazu kommt Ueberstürzen nach vorn und nach hinten. Am 23. III. 92 werden die Sonden entfernt, ihre Länge ist fast genau dieselbe wie rechts. Die Abnahme der Erscheinungen tritt auch hier bald deutlich hervor. In Ruhe sind alsdann keine abnormen Bewegungserscheinungen zu bemerken. Da die Fütterung unter diesen Umständen nicht weiter fortgesetzt wird, ist das Tier genötigt selbständig Nahrung einzunehmen. Dabei zeigen sich nun allerlei merkwürdige Erscheinungen. Der Kopf wird meist in der Ebene des rechten Bogenganges vorgestossen, um mit dem Schnabel den Inhalt der Näpfe zu erreichen. Der Stoss trifft nun aber anfangs mehrfach hintereinander die Wandungen, nicht wie beabsichtigt, den Inhalt. Erst allmählich und mit Mühe lernt das Tier unter diesen Bedingungen Nahrung aufzunehmen. Derartige Beobachtungen können noch wochenlang gemacht werden, wobei denn eine nur langsam fort-

schreitende Besserung nicht entgeht. Da das Tier wahrscheinlich von heftigen Schwindelanfällen befallen wird, so verspürt es deshalb auch nur ganz selten Neigung sich spontan zu bewegen. Es tappt nur sehr unsicher auf energische Anregung einige Schritte vorwärts und hat stets nur das Verlangen in den Käfig und damit zur Ruhe zurückzukehren. Auf dieses Ziel schwankt es mit nach rechts geneigter Haltung los, der Kopf macht anfallsweise zuckende Pendelbewegungen präcis in der Ebene des rechten Bogenganges, welche nicht ohne Wirkung auf die Körperbewegungen bleiben. Die Section am 9. IV. 92 hat auch hier macroscopisch keinerlei Anhaltspunkte etwaiger Hirnverletzungen gegeben.

b) Sondierungen der beiden Q. V. C.

Am 14. IV. 92 werden einer unverletzten Taube unter möglichster Schonung der Muskelinsertionen die beiden Q. V. C. freipräpariert. Die Eröffnung der Canäle wird genau an der Kreuzungsstelle derselben mit den H. C. vorgenommen. Die Sonden werden beiderseits nach oben und nach unten eingeführt. Bei der Sondierung auf der linken Seite nach unten, d. h. nach der Ampulle hin, zeigt das Tier sehr heftige Reactionserscheinungen. Die zugleich auftretenden lebhaften Pendelbewegungen in der Ebene dieses Ganges steigern sich bis zur Schraubenverdrehung des Kopfes nach links und oben. Nachdem sich das Tier wieder beruhigt hat, wird durch die nachfolgende Sondierung rechterseits wieder eine bedeutende Steigerung der Erscheinungen hervorgerufen. Die Pendelbewegungen erfolgen nun bald in der Ebene des linken, bald in der des rechten Bogenganges, sie gewähren in ihrer Gesamtheit den Eindruck, als wenn sie in Form einer liegenden ∞ vor sich gingen. Nach kurzer Zeit ändern sich auch hier die Richtungen, indem die Pendelbewegungen in der Medianebene stattfinden. Bei Gehversuchen zeigt sich eine Neigung nach hinten über zu stürzen, wogegen das Tier anscheinend mit grosser Anstrengung (Flügelausbreiten, Beinspreitzen, Entrollen der Schwanzfedern) ankämpft. Mit allen zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln wird das Ueberschlagen rückwärts zwar vermieden, dagegen kommt es dabei zum Rückwärtsgehen. Am anderen Tage ist dem Tiere, solange es sich ruhig verhält, wenig anzumerken. Bei Gehversuchen ausserhalb des Käfigs treten aber sofort die charakteristischen Erscheinungen, allerdings schon in gemilderter Form, auf. Unter schwankenden Bewegungen bald nach rechts bald nach links sind einige Schritte möglich. Dabei kommen die erwähnten Kopfbewegungen wiederum deutlich zum Vorscheine. Die Section kann macroscopisch keine pathologischen Veränderungen im Gehirn nachweisen.

Auch von diesen Sondierungen existiert eine längere Beobachtung vom 21. III. 92 bis 12. IV. 92. Wenige mm oberhalb der Kreuzungsstelle wird die Operation beiderseitig ausgeführt. An die äusserst heftigen Pendelbewegungen in erwähnter Form (∞) schliessen

sich höchst turbulente Störungen der Körperbewegungen: Niederstürzen, rückwärts Ueberschlagen fast unaufhörlich. Eine Milderung der Erscheinungen ist in der nächsten Zeit kaum zu erkennen. Am dritten Tage werden die Sonden entfernt. Ihre Länge beträgt

links nach der Ampulle hin 4 mm,
von „ „ ab 6 „
rechts nach „ „ hin 3 „
von „ „ ab 5 „

Nunmehr tritt eine allmähliche Besserung ein. Zunächst werden nur noch Umdrehungen nach rechts und links und Pendeln beobachtet. Letzteres aber ist schon nach 4 Tagen nur noch undeutlich zu bemerken, aus den Umdrehungen wird Bogenlaufen, öfter nach links. Nach 10 Tagen sind so ziemlich alle Erscheinungen verschwunden. Es wird deshalb am 31. III. 92 die ganze Operation noch einmal ausgeführt. Hierbei ist doppelte Vorsicht notwendig. In dem mit einem gallertigen Bindegewebe ausgefüllten Operationsterrain sind die anatomischen Verhältnisse nur mit Mühe wiederzuerkennen. An diesem Tiere ist es wider Erwarten gut gelungen das Gallertgewebe mit einer feinen Pincette zu entfernen. Die erneute Sondierung wird genau von derselben Stelle aus vorgenommen. Der Erfolg dieser Wiederholung ist ein unzweifelhafter. Es treten von neuem Pendelbewegungen in den verletzten Ebenen besonders bei Bewegungen auf, daneben Umdrehungen, vorherrschend nach links. Bis zum dritten Tage nehmen diese Störungen an Intensität zu, sodass das Tier bei seinen Umdrehungen und Bogenlaufen (meist nach links) im Zimmer mit einiger Gewalt an die Gegenstände anstösst. Bei der Entfernung der Sonden stellt sich heraus, dass ihre Länge ziemlich dieselbe ist, wie bei der ersten Sondierung. Das Verhalten bessert sich erst im Verlaufe der nächsten Tage. Am 7. IV. 92 erscheint der Gang noch geschlängelt mit Neigung nach links Umdrehungen zu machen, die Körperhaltung des Tieres ist etwas schief nach dieser Seite, der linke Fuss gleitet zuweilen aus.

Die Beobachtungen werden noch bis zum 12. IV. 92 fortgesetzt. In dieser Zeit compliciert sich das Bild mehr und mehr. Der Kopf wird eigentümlich schraubenförmig im Bogen nach links und unten verdreht, so dass das Hinterhaupt auf den Boden gestützt, der Schnabel nahezu senkrecht nach oben gerichtet ist. Aus dieser Stellung kann das Tier die normale Haltung des Kopfes nur mit Mühe wiedergewinnen. Wird es zur Flucht aufgescheucht, so ist jeder Versuch den Kopf zuvor in die normale Haltung zu bringen, sehr erschwert. Mit Leichtigkeit kann man das Tier jetzt vom Boden aufnehmen, während sonst das Einfangen immerhin einige Mühe erfordert. Das Eintreten dieser merkwürdigen Verdrehungen wird nach mehrmaligem Umhertreiben im Zimmer zum Zwecke der Beobachtung leichter und öfter beobachtet. Man wird geradezu zur Anschauung genötigt, dass das Tier von höchst abnormen (Schwindel-) Empfindungen geplagt wird. Denn sobald ein derartiger Anfall die erfor-

derliche Intensität hat, hält das Tier im Laufen inne, nimmt eine mehr kauernde Stellung ein, wirbelt unter eigentümlich knurrenden Tönen den Kopf mehrmals im Kreise links herum bis schliesslich in der beschriebenen abnormen Kopfhaltung Ruhe eintritt. Zuweilen geschieht das Aufstossen des Hinterhauptes mit solcher Kraft, dass ein dumpfes Klopfen zu hören ist. Die Section zeigt auch in diesem Falle macroscopisch keine Anhaltspunkte für etwaige Nebenverletzungen.

c) Sondierungen der beiden H. C.

Am 14. IV. 92 werden bei einer vollkommen gesunden Taube die beiden H. C. ohne jede Blutung noch Nebenverletzung freipräpariert. Von den Oeffnungsstellen aus, wenige mm vor der Kreuzung mit den Q. V. C. gelegen, geschieht die Einführung der Sonden sowohl nach der Ampulle hin als auch nach der entgegengesetzten Richtung soweit bis dieselben auf Widerstand stossen. Sogleich tritt lebhaftes Pendeln in der horizontalen Ebene auf, an das sich bei Bewegungsversuchen eine Neigung nach rechts oder links umzudrehen und nach vorne überzustürzen anschliesst. Die Erscheinungen bestehen unvermindert bis zum folgenden Tage, an dem Section gemacht wird. Am Gehirn wird nichts Abnormes gefunden.

Die längere Beobachtung datiert vom 19. III. 92. Die Operation wird an einer Taube gemacht, welcher schon einmal am 1. II. 92 auf der rechten Seite der H. C. und Q. V. C. zum Zwecke electrischer Reizungen freigelegt sind. Folgeerscheinungen sind bisher nie zu constatieren gewesen. Bei der Ausführung der Sondierung rechts wird lebhaftes horizontales Pendeln, Kreisbewegungen im Sinne des Uhrzeigers bis zum Umstürzen nach rechts beobachtet. Auch beim Fliegen, soweit dies bei den gebundenen Schwungfedern möglich ist, zeigt sich eine ausgesprochene Neigung im Bogen nach rechts auf den Boden zurückzukehren. Eine beträchtliche Unsicherheit des rechten Fusses lässt sich bemerken. Am 21. III. 92 bestehen diese Erscheinungen fort. Die Entfernung der Sonden ergiebt eine Länge von 3,5 mm für die Richtung nach der Ampulle hin, von 6 mm für die entgegengesetzte.

Es wird nun auch auf der linken Seite die Sondierung vorgenommen. Das Tier bewegt sich zunächst im Kreise nach links herum und pendelt mit grösserer Heftigkeit horizontal.

Am 22. III. 92 zeigen sich die Störungen der Körperbewegungen nach beiden Seiten gleich intensiv ausgesprochen: das Tier bewegt sich unter Bogenlaufen vorwärts. Die ganze Bewegung kann man als in einer Schlangenlinie (Balancez) sich vollziehend ansehen. Am nächsten Tage hat sich im Käfig eine vollständige Verdrehung des Kopfes in der Medianebene eingestellt: das Hinterhaupt ruht mit beträchtlichem Drucke auf dem Boden, der Schnabel mitten auf der Brust. Jede Anregung wird mit einer Aeusserung des Unwillens beantwortet. Die abnormen Empfindungen müssen sonach eine grosse

Intensität angenommen haben. Zu Bewegungen angetrieben geht das Tier rückwärts, indem es in der abnormen Stellung verharrt. Die Sondenentfernung bringt zunächst keine Aenderung der Erscheinungen: der Kopf wird wiederum mit dem Hinterhaupte fest auf den Boden gestützt, der Schnabel ist nach oben gerichtet, Schwanz und hintere Extremitäten werden aufrecht gegen das Gitter gestemmt, die Längsachse des Körpers bildet mit dem Käfigboden einen Winkel von etwa 70°. Aber bereits am Nachmittag des 23. III. 92 hat das Tier die normale Kopf- und Körperhaltung eingenommen. Kopfpendeln und Vorwärtsbewegung in Schlangenlinie sind noch deutlich. In den folgenden Tagen nehmen auch diese Erscheinungen mehr und mehr ab, es bleibt zuletzt nur noch eine Neigung leicht im Bogen zu laufen.

Am 2. IV. 92 wird demnach auch an diesem Tiere eine Wiederholung der Operation versucht. Dieselbe gelingt der bedeutenden Schwierigkeiten halber aber nur auf der linken Seite. Die Reaction ist infolgedessen vorwiegend nach dieser Seite hin erfolgt: Pendeln in der Ebene des Ganges, Umdrehungen nach links, Bewegungen in Schlangenlinien. Am 4. IV. 92 werden die Sonden wieder entfernt, ihre Länge beträgt 2 resp. 3 mm. Allmählich tritt nun wiederum eine Besserung ein. Am 6. IV. 92 sind die Pendelbewegungen schon seltener geworden, es bestehen nur noch geringe Störungen bei den Körperbewegungen. Eine Bewegung nach links umzudrehen bleibt aber bis zur Section am 9. IV. 92. Abnormes lässt sich nicht nachweisen.

d) Sondierungen eines Q. V. C. einerseits und eines L. V. C. andererseits.

1. Am 9. IV. 92 wird einer unverletzten Taube unter Beachtung aller bisher angegebenen Bemerkungen auf der rechten Seite der Q. V. C. und auf der linken der L. V. C. sondiert. Schon nach Einführung der Sonde rechts etwa 3 mm von der Ampulle entfernt in der Canalrichtung erfolgt eine sehr lebhafte Pendelbewegung in der Ebene dieses Bogenganges, zuweilen bis zur vollkommenen Verdrehung des Kopfes in dieser Richtung. Nachdem sich das Tier beruhigt hat, wird die Sondierung des linken L. V. C. angeschlossen. Sofort tritt eine deutliche Verstärkung der Kopfbewegungen auf, was sich aus der nahezu parallelen Lage der sondierten Teile der Bogengänge erklären lässt. Zu diesen Störungen gesellen sich bei spontanen Bewegungen eine grosse Unsicherheit des Körpers, die sich bis zum Ueberkugeln nach links vorn und nach rechts hinten um die Achse der Ebenen steigert. Am nächsten Tage bestehen dieselben Erscheinungen in mindestens gleicher Heftigkeit. Die Section ergiebt auch hier keinerlei erkennbare Veränderungen.

2. Am 25. III. 92 wird unter denselben Vorbedingungen wie oben auf der linken Seite der Q. V. C. nach oben und nach unten

von der Kreuzung mit dem H. C. aus und auf der rechten Seite der L. V. C. sondiert. Auch bei diesem Tiere tritt nach der zweiten Sondierung unstreitig eine Verstärkung der Pendelbewegungen in den Ebenen auf. Bei Körperbewegungen zeigt sich eine Neigung nach rückwärts zu gehen, der Gang ist äusserst schwankend, es findet häufig Umstürzen nach den Seiten statt, ebenso Umdrehungen und Ueberschlagen nach vorn und nach hinten. Die Entfernung der Sonden am dritten Tage zeigt, dass die Länge derselben auf der linken Seite von der Ampulle ab 6 mm, nach der Ampulle hin 4 mm und auf der rechten Seite von der Ampulle ab 10 mm betragen hat. Die durch dea Aufenthalt in den Bogengängen bewirkte Krümmung der Sonden ist in diesem Falle besonders ausgesprochen.

Nach der Entfernung tritt eine unverkennbare Besserung ein. Das Tier macht spontane Bewegungen, taumelt dabei zwar lebhaft, fällt aber bereits nicht mehr zu Boden. Die Pendelbewegungen sind noch sehr deutlich. Um nun zu versuchen, ob sich durch Fixation des Kopfes eine Besserung in den Körperbewegungen herbeiführen lässt, wird aus Draht eine Art Kappe construiert und an dem Tiere befestigt. Dabei ist denn durch die Abwehrbewegungen des Tieres die Naht wieder geöffnet worden und auf diesem Wege eine Infection der Wunde eingetreten. Das Bild compliciert sich nun mehr und mehr. Es treten Erscheinungen auf, die bisher noch nie beobachtet worden sind. Die am 6. IV. 92 vorgenommene Section bestätigt den Verdacht. Die beiderseitigen Operationsgebiete und das Hinterhaupt sind von grünlich-gelben eingedickten Massen bedeckt, welche mit dem Schädelinneren in Verbindung stehen. Dieser Fall wird demnach in den Erscheinungen, die sich über die Zeit unmittelbar nach der Entfernung der Sonden erstreckt haben, von uns als bedeutungslos angesehen und vernachlässigt.

II.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass eine Operation, welche ohne jede Blutung noch Nebenverletzung ausgeführt wird, einen höheren Anspruch auf Beweiskraft hat. Dennoch meine ich aber, dass die Besorgnisse und Gefahren in dieser Hinsicht bei Tauben sicherlich zu hoch angeschlagen sind. Sofern nur eine Infection, die zudem bei diesen Tieren viel schwerer zum Ausbruche zu kommen scheint, vermieden ist, wird eine selbst erhebliche Blutung ohne Folgen bleiben. Unter den ersten Versuchen, bei denen ich noch unter dem Eindrucke der in der Litteratur lebhaft discutierten Folgen einer Sinusblutung gestanden habe, befindet sich einer, der eben dieses Ereignisses halber nach der Blutstillung abgebrochen wird. Die Wunde wird antiseptisch behandelt. Sobald nun das Tier aus dem Tuche gewickelt und auf den Boden gesetzt ist, zeigen sich keinerlei Störungen in den Bewegungen. Ebenso wenig in den folgenden Stunden und Tagen, sodass dasselbe Tier 6 Wochen später

zu weiteren Versuchen benutzt worden ist. Diese Beobachtung gründet sich nicht allein auf den einen Versuch, vielmehr sind des Oefteren, wenn beiderseitig mit verschiedenem Glücke oder besser Geschicke operiert worden ist, stets nur Erscheinungen nach der Seite der Bogengangverletzung beobachtet worden, niemals nach der anderen, wo einer erheblichen Blutung halber von dem beabsichtigten Eingriffe abgesehen wird. Die Tauben scheinen eben eine solche Blutung besonders leicht zu vertragen.

Sind nun durch diese Beobachtungen die Besorgnisse vor den Folgen einer bedeutenderen Blutung beseitigt, so sind nun durch einen speciellen Versuch auch die Folgen des Abfliessens der Cerebrospinalflüssigkeit erforscht worden. Nach dem Operationsverfahren, welches Lange[1] nach mehrfachen Versuchen erprobt und empfohlen hat, wird einer Taube am 9. III. 92 linksseitig ohne jede Blutung die spongiöse Knochensubstanz über dem Kleinhirn etwa in der Mitte zwischen dem Sinus occipitalis und dem Sinus des L. V. C. mit Microscopiernadeln und -Pincetten allmählich bis auf die innere Knochenlamelle entfernt. Letztere wird mit einer feinen Staarnadel in der Grösse von etwa 6 — 8 qmm abgehoben. Die abfliessende Subduralflüssigkeit gerinnt sehr bald. Die Wunde wird antiseptisch behandelt. Auch nach diesem Eingriffe werden keinerlei Bewegungsstörungen beobachtet. Es leuchtet demnach wohl ein, dass alle jene Beobachtungen, welche seiner Zeit so lebhaft bestritten und auf die vielseitigen Folgen von Infection zurückgeführt sind, nach Ausschluss derselben zu entschiedener Geltung kommen müssen. Die so oft betonte Trennung der Experimente in „unreine“ und „reine“ kann sonach mindestens eine Aenderung in der Bezeichnung erfahren. Man kann sie in „unreinliche“ und „reinliche“ oder nach unseren jetzigen Anschauungen richtiger in „septische“ und „aseptische“ trennen.

Bezüglich des Erbrechens will ich hier noch kurz erwähnen, dass ich dasselbe nur 3 mal gesehen habe. Davon einmal bei einem Tiere, bei dem nach der Vorbereitung zur Operation an dem Tage überhaupt kein Eingriff gemacht worden ist. Es kann in diesem Falle wohl nur als Wirkung eines etwa zu fest umschlungenen Tuches auf den gefüllten Kropf angesehen werden. Ob die Narcose gleichzeitig mitgewirkt hat, wage ich hier nicht zu entscheiden.

Wenn es nun gestattet ist aus dem vorliegenden Materiale des experimentellen Teiles einen Schluss zu ziehen, so geht doch aus den Versuchen deutlich genug hervor, dass den Bogengängen im Sinne der ursprünglichen Goltz'schen Hypothese ohne Zweifel bei Tauben eine hohe Bedeutung für die Bewegungen des Kopfes zuzusprechen ist. Es leuchtet ferner ein, dass eine Uebertragung auf die Körperbewegungen stattfinden muss. Die Tauben machen ja schon im gesunden Zustande eine Art pendelnder Bewegungen des Kopfes, die zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes dienen und ohne

1) Pflüger's Archiv 50 p. 616.

Zweifel eine Folge der aus sämtlichen normal functionierenden Canälen ausgelösten Empfindungen sind.

Findet nun infolge des experimentellen Eingriffes durch die Sonden eine fortwährende Reizung der nervösen Elemente einzelner Canäle und Ampullen statt, so müssen die von diesen ausgelösten abnormen Empfindungen auch abnorme Reactionen zeigen. Wir finden daher die besprochenen Pendelerscheinungen nur in den Ebenen der sondierten Bogengänge. Die Entfernung der Sonden ermöglicht dann nach einiger Zeit bis zu einem gewissen Grade wieder die Coordination der Bewegungen. Nicht allein die Abnahme der Erscheinungen nach der Entfernung der Sonden, sondern auch umgekehrt das Wiedererwachen bis dahin verschwundener Störungen nach Wiedereinführung der Sonden bei schon früher operierten Tieren nötigen zu der Annahme, dass wir es hier mit Reizerscheinungen zu thun haben. —

Am Schlusse meiner Arbeit sei es mir vergönnt, meinem hochverehrten Lehrer und Chef Herrn Prof. Bernstein für die gütige Ueberweisung der Arbeit sowie für die weitgehende Unterstützung bei der Ausführung derselben meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Friedrich Wilhelm Matte, Sohn des Buchdruckereibesitzers Friedrich Wilhelm Matte, wurde am 5. April 1868 zu Halle a. S. geboren. Meine Schulbildung erhielt ich auf dem hiesigen städtischen Gymnasium, welches ich am 17. März 1888 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Am 21. April desselben Jahres bezog ich die Universität meiner Vaterstadt, um mich dem Studium der Medizin zu widmen. Das Tentamen physicum bestand ich am 19. Februar 1890. Seit 1. April 1892 bekleide ich provisorisch die Stelle eines Assistenten am hiesigen Kgl. physiologischen Institute unter Leitung von Herrn Prof. Bernstein. Es sei mir an dieser Stelle gestattet meinem hochverehrten Chef für dieses ehrende Vertrauen sowie für das stets liebenswürdige Wohlwollen meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Das Examen rigorosum bestand ich am 21. Juli d. Js. magna cum laude.

Während meiner Studienzeit hörte ich die Vorlesungen folgender Herren Professoren und Docenten:

Ackermann, Bernstein, v. Bramann, Bunge, Eberth, Eisler, Gräfe, Grenacher, Harnack, v. Herff, Hitzig, Kaltenbach, Kirchhoff, Kohlschütter, Kraus, Krause, Kromayer, Küssner (†), v. Mering, Oberst, Pott, Renk, Volhard, Weber, Welcker.

Allen diesen Herren statte ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank ab.

Thesen:

I.

Die bei Tauben nach Verletzung der Bogengänge des Labyrinths auftretenden Bewegungsstörungen sind nur auf Läsion dieser Organe zu beziehen.

II.

Die Nephritis bei Eclampsie beruht auf Intoxication.

III.

In gewissen Fällen von Rindenepilepsie ist der operative Eingriff indiciert.

QP471 M43